



# SCIENCE FRENCH COURSE

## Science Text=Books.

---

SCIENCE GERMAN COURSE. By C. W. PAGET MOFFATT,  
M.A., M.B., B.C. *Third Edition.*

THE TUTORIAL CHEMISTRY. By G. H. BAILEY, D.Sc., Ph.D.  
Edited by WM. BRIGGS, LL.D., D.C.L., M.A., B.Sc., F.C.S.

Part I. NON-METALS. *Fourth Edition.*

Part II. METALS AND PHYSICAL CHEMISTRY. *Fifth Edition.*

ELEMENTS OF ORGANIC CHEMISTRY. By E. I. LEWIS,  
M.A., B.Sc., F.C.S., late Science Master at Oundle School.

QUALITATIVE DETERMINATION OF ORGANIC COM-  
POUNDS. By J. W. SHEPHERD, B.Sc.

MATHEMATICAL PHYSICS, ELECTRICITY AND MAG-  
NETISM. By C. W. C. BARLOW, M.A., B.Sc.

ADVANCED TEXT-BOOK OF MAGNETISM AND ELECTRI-  
CIFY. By R. W. HUTCHINSON, M.Sc., A.M.I.E.E. Two  
Vols. *Second Edition.*

INTERMEDIATE TEXT-BOOK OF MAGNETISM AND ELEC-  
TRICITY. By R. W. HUTCHINSON, M.Sc., A.M.I.E.E.

TEXT-BOOK OF HEAT, THEORETICAL AND PRACTICAL.  
By R. W. STEWART, D.Sc., and JOHN SATTERLY, D.Sc., M.A.

TEXT-BOOK OF LIGHT. By DR. STEWART and DR. SATTERLY.  
*Fifth Edition.*

TEXT-BOOK OF SOUND. By EDMUND CATCHPOOL, B.Sc.  
*Fifth Edition.*

PROPERTIES OF MATTER. By C. J. L. WAGSTAFF, M.A.  
*Third Edition.*

PRACTICAL PHYSICS. By W. R. BOWER, B.Sc., A.R.C.S.,  
and JOHN SATTERLY, D.Sc., M.A. *Second Edition.*

BOTANY, TEXT-BOOK OF. By J. M. LAWSON, M.A., B.Sc.,  
F.L.S. *Sixth Edition.*

ZOOLOGY, TEXT-BOOK OF. By H. G. WELLS, B.Sc.,  
and A. M. DAVIES, D.Sc. *Sixth Edition.*

# SCIENCE FRENCH COURSE

BY

C. W. PAGET MOFFATT

M.A. LOND., M.B., B.C. CAMB., AUTHOR OF  
"SCIENCE GERMAN COURSE"

*Third Impression*



LONDON : W. B. CLIVE

University Tutorial Press Ltd

HIGH ST., NEW OXFORD ST., W.C.

1925



PRINTED IN GREAT BRITAIN BY UNIVERSITY TUTORIAL PRESS LTD. AT THE  
BURLINGTON PRESS, FOXTON, NEAR CAMBRIDGE

## PREFACE.

---

THE title of this book sufficiently indicates its purpose, namely to provide students who have to read French books on scientific subjects with the necessary minimum of grammar and a selection of extracts from which a little preliminary practice may be obtained.

The method followed will readily be seen from a glance at the Table of Contents. It may here be explained that Part I. contains what must be learnt at the start and during the reading of the *Premières Lectures*, while Part II. can be learnt later or kept for reference.

The Author's thanks are due to several teachers who have given him the benefit of their experience in the preparation of this book.



# CONTENTS

## PART I.—ELEMENTS OF GRAMMAR.

SECTION	PAGE
1—7. SUBSTANTIVES, ADJECTIVES, AND ARTICLE—	
Gender ... ..	1
Plural of Substantives ... ..	1
Agreement ... ..	2
8—11. PERSONAL PRONOUNS ... ..	4
12—85. VERBS ... ..	5
Position of the Personal Pronouns ... ..	8
The Present Indicative ... ..	8
The Past Indefinite ... ..	9
The Imperfect Indicative ... ..	10
The Past Definite Indicative ... ..	11
The Remaining Past Tenses of the Indicative ... ..	12
The Future ... ..	14
The Future-Perfect ... ..	15
The Conditional Present ... ..	16
The Conditional Mood ... ..	17
The Subjunctive Mood ... ..	17
The Present Subjunctive ... ..	18
The Imperfect Subjunctive ... ..	19
The Imperative Mood ... ..	20
En and y ... ..	21
Interrogative Conjugation ... ..	22
Negative Conjugation ... ..	23
Negative-Interrogative Conjugation ... ..	24
Passive Voice ... ..	24
Intransitive Verbs ... ..	25
Reflexive Verbs ... ..	25
Impersonal Verbs ... ..	25

86	90. POSSESSIVE ADJECTIVES AND PRONOUNS	
	Possessive Adjectives	30
	Possessive Pronouns	31
91	100. DEMONSTRATIVE ADJECTIVES AND PRONOUNS	
	The Demonstrative Adjective	32
	Demonstrative Pronouns	32
101	109. RELATIVE PRONOUNS	34
110	116. INTERROGATIVE ADJECTIVES AND PRONOUNS	
	The Interrogative Adjective	36
	Interrogative Pronouns	37
117	123. INDEFINITE ADJECTIVES AND PRONOUNS	38
	Indefinite Adjectives	40
	Variable Indefinite Pronouns	40
	Invariable Indefinite Pronouns	41
124	132. DEMONSTRATIVE PERSONAL PRONOUNS	42
	133. RELATIVE PRONOUNS	43
134	142. REMARKS ON THE NUMERALS	44
	Cardinals	44
	Ordinals	45
	Time of Day	45
	Dimension	46
	143. QUANTITATIVE VALUE OF THE ITALIAN COIN- CATIONS	46
144	160. PROVERBS	47

## PART II. NOTES ON SOME IMPORTANT CON- STRUCTIONS.

166	175. THE ARTICLE AND THE SELECTIVE	
	The Definite Article	53
	The Indefinite Article	54
	The Partitive Article	55
176	177. POSITION OF THE ADJECTIVE	56
178	180. DEPENDENT CLAUSES	57
181	192. THE SUBJUNCTIVE	57

# CONTENTS.

ix

SECTION	PAGE
193, 194. THE CONDITIONAL ... ..	61
195—198. THE INFINITIVE ... ..	61
199, 200. THE PRESENT PARTICIPLE AND GERUND (OR VERBAL) ... ..	63
201, 202. THE PAST PARTICIPLE ... ..	63
203—205. CONJUNCTIONS ... ..	64
Subordinating Conjunctions followed by the Indicative ... ..	65
Subordinating Conjunctions followed by the Subjunctive ... ..	65
Subordinating Conjunctions followed by the Indicative or Subjunctive ... ..	65

## PART III.—IRREGULAR ACCIDENCE AND PARADIGMS OF VERBS.

206—209. IRREGULAR PLURALS ... ..	66
210. PLURAL OF COMPOUND SUBSTANTIVES ... ..	67
211—216. COMPARISON ... ..	68
217—223. IRREGULAR INFLECTION OF ADJECTIVES ... ..	70
224—228. ADVERBS ... ..	71
229. THE NUMERALS ... ..	73
230—317. PARADIGMS OF VERBS ... ..	75
The Four Regular Conjugations ... ..	75
Negative Conjugation ... ..	84
Interrogative Conjugation ... ..	86
Negative-Interrogative Conjugation ... ..	87
Conjugation of the Passive Voice ... ..	88
Conjugation of a Reflexive Verb ... ..	90
Negative Conjugation of a Reflexive Verb ... ..	92
Interrogative Conjugation of a Reflexive Verb ... ..	93
Negative-Interrogative Conjugation of a Reflexive Verb ... ..	93
Irregular Verbs ... ..	94
318. SUBSTANTIVES WITH TWO GENDERS ... ..	120

## PART IV.

PREFACE LECTURES	131
HOW TO READ MATHEMATICAL SYMBOLS IN FRENCH	156

## PART V.

MATHÉMATIQUES	157
LA PHYSIQUE	179
CHALEUR	187
LUMIÈRE	198
SON	207
MAGNETISME	213
ELECTRICITÉ	218
CHIMIE	228
BOTANIQUE	240
ZOOLOGIE	266
GÉOLOGIE	280
INDEX	301

# SCIENCE FRENCH COURSE.

## PART I. ELEMENTS OF GRAMMAR.

---

### SUBSTANTIVES, ADJECTIVES, AND ARTICLE.

#### GENDER.

1. The gender of a French substantive must be clearly distinguished from the sex of the object which it denotes. Whether this object is a person or a thing, the substantive is either masculine or feminine: there are no neuter substantives.

Certain general rules for ascertaining the gender of French substantives according to their meaning or form can be given, but they are subject to numerous exceptions and are of little use to the beginner whose object is to learn to read the language.

#### PLURAL OF SUBSTANTIVES.

2. The regular method of forming the plural of a French substantive is to add -s to the singular.

*arbre, tree*

*arbres, trees*

*fleur, flower*

*fleurs, flowers*

For exceptions see §§ 206-210.



## AGREEMENT.

**3.** An adjective generally assumes different forms according as the substantive to which it refers is masculine or feminine, singular or plural. The regular method of forming the feminine singular of an adjective, *i.e.* the form to be used with a feminine singular substantive, is to add *-e* to the masculine singular. The plural of each gender is regularly formed by the addition of *-s* to the singular. Thus, with *arbre* (masc.) and *fleur* (fem.) the forms of the adjective *petit*, *little*, are

Sing.	<i>petit arbre</i>	<i>petite fleur</i>
Pl.	<i>petits arbres</i>	<i>petites fleurs</i>

*Obs.* In the case of some adjectives the feminine has the same form as the masculine (§ 217), and in others the masculine plural has the same form as the masculine singular (§ 207). For other irregularities see §§ 206-9, 217-22.

## THE ARTICLE: DEFINITE, INDEFINITE, AND PARTITIVE.

**4.** This principle of agreement applies not only to adjectives of quality, but also to pronominal adjectives, including the article.

The forms of the article, definite and indefinite, are

		Masc.	Fem.	Masc.	Fem.
Sing.	{ Before a consonant	le	la	un	une
	{ Before a vowel or <i>h</i> mute	l'	l'		
Plural		les	les	(§ 6)	

Thus

	Masc.	Fem.
Sing.	<i>le rocher, the rock</i>	<i>la pierre, the stone</i>
Pl.	<i>les rochers, the rocks</i>	<i>les pierres, the stones</i>
Sing.	<i>l'été, the summer</i>	<i>l'eau, the water</i>
	<i>l'hiver, the winter</i>	
Sing.	<i>un jour, a day</i>	<i>une heure, an hour</i>

5. The prepositions *à, to, at, and de, of, from,* coalesce with the masculine singular and with the plural of the definite article thus—

Sing.	for à le	au	for de le	du
Pl.	for à les	aux	for de les	des
	au signe, <i>to the sign</i>		du livre, <i>of the book</i>	
	aux signes, <i>to the signs</i>		des livres, <i>of the books</i>	

*Obs. 1.* Before the feminine singular, however, and when the definite article becomes *l'* by elision, *à* and *de* remain separate words and do not contract; *e.g. de la semaine, of the week; à l'or, to the gold.*

*Obs. 2.* Before a word beginning with a vowel, *de* becomes *d'.*

*d'un arbre, of a tree      d'anciens livres, of ancient books*

6. The preposition *de* followed by the definite article—*du, de la, de l', des*—is used before substantives with the sense of *some, any* (expressed or implied), and is then known as the partitive article.

*J'ai du pain, de la viande, de l'eau et des œufs      I have (some) bread, meat, water, and eggs*

7. The article is repeated in French even where it would not be repeated in English. The same rule applies not only to the definite, indefinite, and partitive article, but also to the demonstrative (§ 91) and possessive (§ 86) adjectives, and to the prepositions *à, de, and en.*

*Il me faut une aiguille et du fil      I want a needle and cotton*

*Ses frères et ses sœurs sont arrivés      His brothers and sisters have come.*

*L'argent et l'or se trouvent en Australie et en Amérique      Silver and gold are found in Australia and America*

*Il a étudié aux universités de Paris et de Londres      He has studied at the Universities of Paris and London*

## PERSONAL PRONOUNS.

8. Personal and relative pronouns are in French, as in English, the only words which vary in form according to the case in which they stand. Thus—

*First Person.*

	Sing.	Plur.
Nom. (subject)	<b>je, I</b>	<b>nous, we</b>
Acc. (direct object)	<b>me, me</b>	<b>nous, us</b>
Dat. (indirect object)	<b>me, (to) me</b>	<b>nous, (to) us</b>

*Second Person.*

	Sing.	Plur.
Nom. (subject)	<b>tu, thou</b>	<b>vous, ye, you</b>
Acc. (direct object)	<b>te, thee</b>	<b>vous, you</b>
Dat. (indirect object)	<b>to, (to) thee</b>	<b>vous, (to) you</b>

*Third Person Masc.*

	Sing.	Plur.
Nom. (subject)	<b>il, he, it</b>	<b>ils, they</b>
Acc. (direct object)	<b>* le, him, it</b>	<b>les, them</b>
Dat. (indirect object)	<b>lui, (to) him, (to) it</b>	<b>leur, (to) them</b>

*Third Person Fem.*

	Sing.	Plur.
Nom. (subject)	<b>elle, she</b>	<b>elles, they</b>
Acc. (direct object)	<b>la, her, it</b>	<b>les, them</b>
Dat. (indirect object)	<b>lui, (to) her, (to) it</b>	<b>leur, (to) them</b>

9. The third person reflexive pronoun, in both singular and plural, accusative and dative, is **se**. For the first and second persons **me**, **te**, **nous**, and **vous** are used as reflexive pronouns.

\* There is also an invariable neuter pronoun **le** which often need not be translated, e.g. **comme on peut facilement le deviner**, *as we may easily guess*.

**10.** The plural **vous** is used like the English *you* in addressing a single person, and words agreeing with it are in the singular; *e.g.* **vous êtes très aimable**, *you are very kind*. **Tu** is used in addressing members of one's family or very intimate friends.

**11.** When the following word begins with a vowel, **je** is elided to **j'**, **me** to **m'**, **te** to **t'**, **le** and **la** to **l'**, **se** to **s'**.

For examples illustrating the use of the personal pronouns see §§ 20, 21.

### VERBS.

**12.** The most important thing in French accidence is naturally the conjugation of verbs, regular and irregular. Of the former, four conjugations are recognised by grammarians according as the infinitive ends in (1) **-er**, (2) **-ir**, (3) **-oir**, (4) **-re**. Of the latter some are of such common occurrence that the beginner will do well to master them alongside of the regular verbs (p. 7).

**13.** The simple tenses of a French finite verb are—

<i>Indicative</i>	<i>Conditional</i>	<i>Subjunctive</i>	<i>Imperative</i>
Present	Present	Present	Present
Imperfect		Imperfect	
Past Definite			
Future			

**14.** A corresponding compound tense is formed by means of the appropriate tense of the auxiliary followed by the past participle. Thus—

<i>Indicative</i>	<i>Conditional</i>	<i>Subjunctive</i>
Past Indefinite	Perfect	Past Indefinite.
Pluperfect		Pluperfect
Past Anterior		
Future Perfect		

There is also a perfect infinitive corresponding to the present infinitive, and a perfect participle corresponding to the present participle.

**15.** The **passive voice** (§ 57) is formed with the auxiliary **être, to be**. The only uncompoundd part of a French verb that is passive is the past participle of a transitive verb, exactly as in English. This participle has masculine and feminine forms, both singular and plural, like an adjective; *e.g.*

	Masc.	Fem.
Sing.	porté	portée
Pl.	portés	portées

**16.** Negation is most commonly expressed by **ne** (before a vowel *n'*) . . . **pas**, **ne** preceding the verb and **pas** following it. In compound tenses **pas** is placed between the auxiliary and the participle; *e.g.* **je ne viens pas, I do not come** or *I am not coming*; **je n'ai pas vu, I have not seen**. See further § 54.

**17.** The following is the arrangement of the regular conjugations in this book:—

					PAGE
Infinitive, etc., and Indicative Present ...	...	...	...	...	7
Indicative, Imperfect ...	...	...	...	...	10
„ Past Definite ...	...	...	...	...	11
„ Future ...	...	...	...	...	14
Conditional Present ...	...	...	...	...	16
Subjunctive Present ...	...	...	...	...	18
„ Imperfect ...	...	...	...	...	19
Imperative ...	...	...	...	...	20
Paradigma ...	...	...	...	...	76-93

The conjugation of the two auxiliaries and of the six commonest irregular verbs is given *tense by tense* along with the regular verbs; for other irregular verbs see pp. 94-119.

## 18. INFINITIVE AND PARTICIPLES.

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
PR. INF.	avoir	être	porter	finir	recevoir	rompre
PR. PART.	ay-ant	ét-ant	port-ant	fin-issant	re-cevant	romp-ant
PAST P.	eu	*été	port-é	fin-i	re-çu	romp-u

## CONJUGATION OF THE PRESENT INDICATIVE.

je, j'	ai	suis	port-e	fin-is	re-çois	romp-s
tu	as	es	-es	-is	-çois	-s
il	a	est	-e	-it	-çoit	-t
nous	av-ons	sommes	-ons	-issons	-cevons	-ons
vous	av-ez	êtes	-ez	-issez	-cevez	-ez
ils	ont	sont	-ent	-issent	-çoivent	-ent

\* Invariable.

## INFINITIVE AND PARTICIPLES.

	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>wish</i>	<i>know</i>	<i>make, do</i>
PR. INF.	aller	venir	pouvoir	vouloir	savoir	faire
PR. PART.	all-ant	ven-ant	pouv-ant	voul-ant	sach-ant	fais-ant
PAST P.	all-é	ven-u	pu	voul-u	su	fait

## CONJUGATION OF THE PRESENT INDICATIVE.

je, j'	vais	viens	peux <i>or</i> puis	voux	sais	fais
tu	vas	viens	peux	veux	sais	fais
il	va	vient	peut	veut	sait	fait
nous	all-ons	ven-ons	pouv-ons	voul-ons	sav-ons	fais-ons
vous	all-ez	ven-ez	pouv-ez	voul-ez	sav-ez	faites
ils	vont	viennent	peuvent	veulent	sav-ent	font

PAST INDEFINITE.—The tense consists of the present tense of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'ai eu*, *I have had*; *j'ai été*, *I have been*; *j'ai porté*, *I have carried*; *je suis allé*, *I have gone*.

## POSITION OF THE PERSONAL PRONOUNS.

**19.** The nominative pronouns (§ 8) normally stand before the verb, except in questions (§ 51).

**20.** The object, direct or indirect, is placed before the verb or, in a compound tense, before the auxiliary.

Je leur parle	<i>I am speaking to them</i>
Je vous assure que le chien	<i>I assure you that the dog</i>
l'a mangé	<i>has eaten it</i>

*Obs.* For the position of object pronouns when the verb is in the imperative see § 48.

**21.** If two object pronouns, one direct the other indirect, precede the verb, the direct object must be of the third person. The indirect object is placed first if it is of the first or second person, last if it is of the third.

Ils me l'ont donné	<i>They have given it to me</i>
Je les lui apporte	<i>I am bringing them to him or to her</i>

## THE PRESENT INDICATIVE.

**22.** The present tense in French corresponds to two English forms, *I carry* and *I am carrying*.

Il porte un verre d'eau	<i>He is carrying a glass of water</i>
-------------------------	----------------------------------------

**23.** The present in French is also used, as in English, to express the immediate future.

✓ Je vais demain au musée	<i>I am going to the museum to-morrow</i>
---------------------------	-------------------------------------------

**24.** The present is used of an action or a state that has been going on for some time, though English idiomatically uses the present-perfect.

Je vous attends depuis midi	<i>I have been waiting for you since noon</i>
J'étudie les mathématiques depuis longtemps	<i>I have been studying mathematics for a long time</i>

## THE PAST

**25.** The past indefinite corresponds to present-perfect (*I have carried*). It is also the tense used in conversation where in English the simple past tense would be used.

J'ai fini mon thème ce matin      *I finished my exercise this morning*

**26.** The past indefinite is formed by the addition of the past participle to the present of the verb **avoir** or, in the case of some intransitive verbs, to the present of the verb **être** (§ 60). The past participle of a transitive verb agrees in gender and number with the direct object *if that direct object precedes*.

Nous les avons trouvés ici      *We found them here*  
 Avez-vous fini la leçon ? Oui,      *Have you finished the lesson ?*  
     je l'ai finie      *Yes, I have finished it*  
 Ont-ils reçu les lettres ? Oui,      *Have they received the letters ?*  
     ils les ont reçues      *Yes, they have received them*

**27.** Intransitive verbs, however, especially those denoting motion, form their past indefinite by adding the past participle to the present of **être**. The commonest of these verbs are **aller** and **venir** (see also § 60).

Il est allé voir le professeur      *He went to see the lecturer*  
 Nous sommes venus vous      *We came to find you*  
     trouver

**§ 28.** In this case the past participle is treated as an adjective and varies with the number and gender of the subject.

Elles sont venues à Paris      *They came (or have come) to*  
     pour assister aux confé-      *Paris to attend the lectures*  
     rences



## 29. CONJUGATION OF THE IMPERFECT INDICATIVE.

	<i>have</i> avoir	<i>be</i> être	<i>carry</i> porter	<i>finish</i> finir	<i>receive</i> recevoir	<i>break</i> rompre
je, j'	avais	étais	portais	finissais	recevais	rompais
tu	ais	ais	ais	finissais	ais	ais
il	ait	ait	ait	finissait	ait	ait
nous	ions	ions	ions	finissions	ions	ions
vous	iez	iez	iez	finissiez	iez	iez
ils	aient	aient	aient	finissaient	aient	aient

	<i>go</i> aller	<i>come</i> venir	<i>be able</i> pouvoir	<i>wish</i> vouloir	<i>know</i> savoir	<i>make, do</i> faire
je, j'	allais	venais	pouvais	voulais	savais	faisais
tu	ais	ais	ais	ais	ais	ais
il	ait	ait	ait	ait	ait	ait
nous	ions	ions	ions	ions	ions	ions
vous	iez	iez	iez	iez	iez	iez
ils	aient	aient	aient	aient	aient	aient

✓ **PLUPERFECT INDICATIVE.** The tense consists of the imperfect indicative of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'avais eu, I had had*; *j'avais été, I had been*; *j'avais porté, I had carried*; *j'étais allé, I had gone*.

*Obs.* The personal endings of the imperfect indicative are the same in all verbs, but in most verbs of the second conjugation *iss* is inserted before them.

## 30. CONJUGATION OF THE PAST DEFINITE INDICATIVE.

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
	avoir	être	porter	finir	recevoir	rompre
je, j'	eus	fus	port-ai	fin-is	reç-us	romp-is
tu	eus	fus	-as	-is	-us	-is
il	eut	fut	-a	-it	-ut	-it
nous	eûmes	fûmes	-âmes	-îmes	-ûmes	-îmes
vous	eûtes	fûtes	-âtes	-îtes	-ûtes	-îtes
ils	eurent	furent	-èrent	-irent	-urent	-irent

	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>wish</i>	<i>know</i>	<i>make, do</i>
	aller	venir	pouvoir	vouloir	savoir	faire
je, j'	all-ai	vins	p-us	voul-us	s-us	f-is
tu	-as	vins	-us	-us	-us	-is
il	-a	vint	-ut	-ut	-ut	-it
nous	-âmes	vinmes	-ûmes	-ûmes	-ûmes	-îmes
vous	-âtes	vintes	-ûtes	-ûtes	-ûtes	-îtes
ils	-èrent	vinrent	-urent	-urent	-urent	-irent

PAST ANTERIOR. --The tense consists of the past definite indicative of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'eus eu*, *I had had*; *j'eus été*, *I had been*; *j'eus porté*, *I had carried*; *je fus allé*, *I had gone*.

## THE REMAINING PAST TENSES OF THE INDICATIVE.

**31.** The imperfect corresponds to three English forms, e.g. *je portais* means *I carried, I was carrying, and I used to carry*. Hence the imperfect is used in descriptions: it represents an action as in progress, or expresses a continuous state or an habitual action.

<i>Je travaillais pendant que vous dormiez</i>	<i>I was working (or worked) while you were asleep</i>
<i>Les anciens Egyptiens em- baumaient leurs morts</i>	<i>The ancient Egyptians used to embalm their dead</i>

**32.** The imperfect is used of an action or state that at a certain point in the past had already been going on for some time; cp. § 24.

<i>J'apprenais le français depuis deux ans quand j'allai à Paris</i>	<i>I had been learning French for two years when I went to Paris</i>
------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

**33.** The past definite corresponds to the English past, e.g. *je vis, I saw, j'allai, I went*. It is the historic tense and describes successive actions fully completed.

<i>Une tuile lui tomba sur la tête et le tua</i>	<i>A tile fell on his head and killed him</i>
------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

*Obs.* In conversation the past indefinite is used for the past definite.

**34.** In narratives the past definite and imperfect are often both employed, the former to give the successive events, the latter to describe attendant circumstances, details, etc.

Il parut devant Narva à la tête de cette grande armée le 10 octobre. Le czar qui, dans de pareilles saisons, faisait quelque fois quatre cents lieues en poste, à cheval, pour voir quelque mine ou quelque canal, n'épargnait pas plus ses troupes que lui même: il savait d'ailleurs que les Suédois faisaient la guerre au cœur de l'hiver comme dans l'été. Ainsi le czar n'avancéait Narva à trente degrés du pôle et Charles XII s'avancéait pour la secourir. Le czar ne fut pas plus tôt arrivé devant la place, qu'il se hâta de

mettre en pratique tout ce qu'il venait d'apprendre dans ses voyages : il traça son camp, le fit fortifier de tous côtés, éleva des redoutes et ouvrit lui-même la tranchée.

*Obs.* The beginner may postpone the study of the above passage for the present.\*

### 35. The pluperfect is used as in English.

Ils avaient fait tout ce qu'ils      *They had done all they could*  
pouvaient

36. The past anterior is only used in clauses beginning with *à peine*, *scarcely*, *aussitôt que*, *as soon as*, *lorsque*, *when*, and a few less common phrases.

A peine furent-ils revenus      *Scarcely had they returned*  
qu'ils virent le professeur      *when they saw the master*

*Obs.* 1. Note here the inversion of subject and verb (§ 52, *Obs.*).

*Obs.* 2. The past anterior is not used of habitual or repeated action.

Read *Premières Lectures*, No. 2, p. 122.

\* The translation is as follows :—

On October 1st he appeared before Narva at the head of this great army. The Tsar, who at such seasons would sometimes travel post or ride on horseback four hundred leagues in order to inspect some mine or some canal, spared his troops no more than he spared himself, for he knew that the Swedes were accustomed to make war in the depth of winter as well as in summer. So within thirty degrees of the Pole the Tsar was besieging Narva, and Charles XII. was advancing to relieve it. No sooner had the Tsar arrived before the fortress, than he hastened to put into practice all that he had just learned in his travels : he marked out his encampment, had it fortified on all sides, erected redoubts, and himself worked at cutting the trenches.

## 37. CONJUGATION OF THE FUTURE INDICATIVE.

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
	avoir	être	porter	finir	recevoir	rompre
je, j'	aurai	serai	porterai	finirai	recevrai	romprai
tu	auras	seras	porteras	finiras	recevras	rompras
il	aura	sera	portera	finira	recevra	rompra
nous	aurons	serons	porterons	finirons	recevrons	romprons
vous	aurez	serez	porterez	finirez	recevrez	romprez
ils	auront	seront	porteront	finiront	recevront	rompront

	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>wish</i>	<i>know</i>	<i>make, d</i>
	aller	venir	pouvoir	vouloir	savoir	faire
je, j'	irai	viendrai	pourrai	voudrai	saurai	ferai
tu	iras	viendras	pourras	voudras	sauras	feras
il	ira	viendra	pourra	voudra	saura	fera
nous	irons	viendrons	pourrons	voudrons	saurons	ferons
vous	irez	viendrez	pourrez	voudrez	sauvez	ferez
ils	iront	viendront	pourront	voudront	sauront	feront

**FUTURE PERFECT.** The tense consists of the future tense of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'aurai eu*, *I shall have had*; *j'aurai été*, *I shall have been*; *j'aurai porté*, *I shall have carried*; *je serai allé*, *I shall have gone*.

*Obs.* The personal endings of the future are the same in all verbs.

## THE FUTURE.

**38.** The future tense corresponds to two English forms ;  
e.g. *je finirai* means *I shall finish* and *I shall be finishing*.

Elle ira à l'école dans huit jours	<i>She will be going to school in a week</i>
---------------------------------------	--------------------------------------------------

Nous partirons jeudi	<i>We shall leave on Thursday</i>
----------------------	-----------------------------------

**39.** The future is used in dependent clauses (other than conditions) if future time is clearly referred to, though English idiomatically uses the present.

Quand tu auras fini l'expérience, tu pourras partir	<i>When you have finished the experiment, you will be able to go</i>
-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Je viendrai <u>aussitôt</u> qu'il sera ici	<i>I shall come <u>as soon as</u> he is here</i>
--------------------------------------------	--------------------------------------------------

*Obs.* In conditional clauses referring to the future French idiom is the same as English ; cp. the example in § 192.

## THE FUTURE-PERFECT.

**40.** The future-perfect refers to the time when an act still future will be completed, and its use is parallel to that of the future simple.

Quand le facteur sera venu, je serai prêt à travailler	<i>When the postman has come, I shall be ready to work</i>
-----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

Read *Premières Lectures*, No. 3, p. 122.

## 41. CONJUGATION OF THE PRESENT CONDITIONAL.

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
	<i>avoir</i>	<i>être</i>	<i>porter</i>	<i>finir</i>	<i>recevoir</i>	<i>rompre</i>
je, j'	aurais	serais	porterais	finirais	recevrais	romprais
tu	aurais	serais	porterais	finirais	recevrais	romprais
il	aurait	serait	porterait	finirait	recevrait	romprait
nous	aurions	serions	porterions	finirions	recevriions	romprions
vous	auriez	seriez	porteriez	finiriez	recevriez	rompriez
ils	auraient	seraient	porteraient	finiraient	recevraient	rompraient

	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>wash</i>	<i>know</i>	<i>make, d</i>
	<i>aller</i>	<i>venir</i>	<i>pouvoir</i>	<i>se laver</i>	<i>savoir</i>	<i>faire</i>
je, j'	irais	viendrais	pourrais	voudrais	saurais	ferais
tu	irais	viendrais	pourrais	voudrais	saurais	ferais
il	irait	viendrait	pourrait	voudrait	saurait	ferait
nous	irions	viendrions	pourrions	voudrions	saurions	fendrions
vous	iriez	viendriez	pourriez	voudriez	sauriez	fetiez
ils	iraient	viendraient	pourraient	voudraient	sauraient	fendraient

PERFECT CONDITIONAL. The tense consists of the present conditional tense of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'aurais eu*, *I should have had*; *j'aurais été*, *I should have been*; *j'aurais porté*, *I should have carried*; *je serais allé*, *I should have gone*.

## THE CONDITIONAL MOOD.

**42.** The present conditional corresponds to two English forms; *e.g.* *je recevrais* means *I should receive* or *I should be receiving*.

*Je le ferais encore, si j'avais  
à le faire*

*I should do it again if I had  
to do it*

*Si je faisais cela, je trahirais  
ma patrie*

*If I did that, I should be be-  
traying my country*

**43.** The "modest" conditional expresses diffidence or hesitation: it makes a statement for the truth of which the speaker does not vouch.

*Cent personnes auraient péri  
dans le tremblement de  
terre*

*A hundred persons are said to  
have lost their lives in the  
earthquake*

*Les Norvégiens auraient dé-  
couvert l'Amérique quel-  
ques siècles avant Colomb*

*The Norwegians are said to have  
discovered America some  
centuries before Columbus*

**44.** The use of the perfect conditional is the same as that of the corresponding tense in English.

*Il aurait voulu le voir*

*He would have liked to see it*

Read *Premières Lectures*, No. 4, p. 123.

## THE SUBJUNCTIVE MOOD.

**45.** The subjunctive is much more widely used in French than in English. It is found chiefly in dependent clauses, and will be seen in §§ 181-192.

In principal sentences it expresses a wish and is generally preceded by the conjunction *que*, *that*.

*Qu'il vive heureux !*

*May he live happily !*

*Vive le roi !*

*Long live the king !*

The second person present subjunctive of *vouloir* forms a polite imperative.

*Veuillez m'indiquer le chemin  
de la ville*

*Kindly tell me the way to  
the town*



## 46. CONJUGATION OF THE PRESENT SUBJUNCTIVE.

	<i>avoir</i>	<i>être</i>	<i>porter</i>	<i>faire</i>	<i>recevoir</i>	<i>break</i>
	avoir	être	porter	faire	recevoir	rompre
je, j'	aie	sois	porte	fasse	reçoive	rompe
tu	aies	sois	portes	fasses	reçoives	rompes
il	ait	soit	porte	fasse	reçoive	rompe
nous	ayons	soyons	portions	fassions	recevions	rompions
vous	ayez	soyez	portiez	fassiez	receviez	rompiez
ils	aient	soient	portent	fassent	reçoivent	rompent
	<i>aller</i>	<i>venir</i>	<i>partir</i>	<i>vouloir</i>	<i>savoir</i>	<i>faire</i>
je, j'	aille	viens	parte	veuille	sache	fasse
tu	ailles	viennes	partes	veuilles	saches	fasses
il	aille	viens	parte	veuille	sache	fasse
nous	allions	venions	partions	veussions	sachions	fassions
vous	alliez	veniez	partiez	veussiez	sachiez	fassiez
ils	allent	viennent	partent	veussent	sachent	fassent

PAST INDEFINITE SUBJUNCTIVE. The tense consists of the present subjunctive of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; e.g. *j'ais eu*, *j'ais été*, *j'ais porté*, *je sois allé*.

Read *Premières Lectures*, No. 5, p. 124.

## 47. CONJUGATION OF THE IMPERFECT SUBJUNCTIVE.

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
	<i>avoir</i>	<i>être</i>	<i>porter</i>	<i>finir</i>	<i>recevoir</i>	<i>rompre</i>
je, j'	cusse	fusse	port-asse	fin-isse	reç-usse	romp-isse
tu	cusses	fusses	-asses	-isses	-usses	-isses
il	eût	fût	-ât	-ît	-ût	-ît
nous	eussions	fussions	-assions	-issions	-ussions	-issions
vous	eussiez	fussiez	-assiez	-issiez	-ussiez	-issiez
ils	eussent	fussent	-assent	-issent	-ussent	-issent

	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>wish</i>	<i>know</i>	<i>make, do</i>
	<i>aller</i>	<i>venir</i>	<i>pouvoir</i>	<i>vouloir</i>	<i>savoir</i>	<i>faire</i>
je, j'	allasso	vinso	pusso	voulusso	susso	fisso
tu	allasses	vinsses	pusses	voulusses	susses	fisses
il	allât	vînt	pût	voulût	sût	fît
nous	allassions	vinssions	pussions	voulussions	sussions	fissions
vous	allassiez	vinssiez	pussiez	voulussiez	sussiez	fissiez
ils	allassent	vinssent	pussent	voulussent	sussent	fissent

PLUPERFECT SUBJUNCTIVE.—The tense consists of the imperfect subjunctive tense of *avoir* (or *être*, § 60) followed by the past participle; *e.g.* *j'eusse eu, j'eusse été, j'eusse porté, je fusse allé.*

## THE IMPERATIVE MOOD.

**48.** When the imperative (first person plural or second person) is used affirmatively, the governed pronouns *follow* it, though they precede all other forms of the verb, and the imperative also when it is used negatively. After an imperative an accusative pronoun always precedes a dative, and *moi* and *toi* take the place of *me* and *te*.

Ecoutez-moi	<i>Listen to me</i>
Ne m'écoutez pas	<i>Don't listen to me</i>
Donnez-leur	<i>Give them to us</i>
Disons-le lui	<i>Let us tell him</i>
Ne le leur disons pas	<i>Let us not tell them</i>

*Obs.* Hyphens are used to connect the pronouns with the affirmative imperative.

Read *Première Lecture*, No. 6, p. 126.

**49. CONJUGATION OF THE IMPERATIVE.**

	<i>have</i>	<i>be</i>	<i>carry</i>	<i>finish</i>	<i>receive</i>	<i>break</i>
	avoir	être	porter	finir	recevoir	rompre
	me	nous	porte	finis	reçois	romps
qu'il	ait	suit	porte	finis	reçoive	rompe
	ayons	soyons	portons	finis	recevons	rompons
	ayez	soyez	portez	finis	recevez	rompez
qu'ils	aient	soient	portent	finissent	reçoivent	rompent
	<i>go</i>	<i>come</i>	<i>be able</i>	<i>such</i>	<i>know</i>	<i>make</i>
	aller	venir	pouvoir	vouloir	savoir	faire
	va	viens	puisse	veuille	sache	fais
qu'il	aille	vienn	„	veuille	sache	fasse
	allons	venons	„	veuillons	sachons	faisons
	allez	venez	„	veuillez	sachez	faites
qu'ils	aient	viennent	„	veuillent	sachent	fassent

The second singular imperative is the same as the second singular present indicative, except that in the first conjugation *s* is dropped. The first and second plural imperative are the same as the first and second plural present indicative without the pronoun. The third person both singular and plural is borrowed from the present subjunctive.

### EN AND Y.

**50.** To the list of pronouns given in §§ 8, 9 two more, *en* and *y*, may now be added.

*En*, of *it*, of *them*, from *it*, some of *it*, some, *any*, is used as a genitive of the third person pronoun referring to things.

*Y* is similarly used for the dative of the third person with reference to things.

*En* and *y* follow an affirmative imperative, but precede other forms of the verb; combined with other pronouns *en* and *y* come last.

J'en suis bien aise	<i>I am very glad of it</i>
Il a reçu votre lettre et y répondra	<i>He has received your letter and will reply to it.</i>
Avez-vous tous mes livres? J'en ai trois	<i>Have you all my books? I have three of them</i>
Si j'avais de l'argent, je lui en donnerais	<i>If I had any money, I would give him some (of it)</i>

*Obs.* In the last example the words *of it* are placed in parenthesis as unnecessary; *en* may often thus remain untranslated.

NOTE 1.—If after an affirmative imperative *en* is preceded by an indirect object in the first or second person singular, *me* or *te* is used, not *moi* or *toi*; e.g. *donnez-m'en*, *give me some (of it)*.

NOTE 2.—*Ils y étaient*, *they were there*.

NOTE 3.—*En*, used with the article, is equivalent to the English possessive adjective: *ils en mangent la chair*, *they eat its flesh*.

## INTERROGATIVE CONJUGATION.

**51.** In an interrogative sentence the subject, if it is a personal pronoun, follows the verb. In a compound tense the pronoun immediately follows the auxiliary.

Où est-il ?	<i>Where is he ?</i>
Chanté-je faux ?	<i>Am I singing out of tune ?</i>
A-t-il apporté des fossiles ?	<i>Has he brought any fossils ?</i>

Observe

- (1) a hyphen is inserted between verb and pronoun ;
- (2) in the first person singular present indicative of the first conjugation an acute accent is placed on the final *e* ;
- (3) if the verb ends and the pronoun begins with a vowel, *-t-* is inserted.

*Obs.* Inversion of subject and verb does not always indicate a question: it is found in affirmative sentences which begin with *ainsi, à peine, encore, en vain, peut-être*; e.g. *Peut-être voulait-il voir l'expérience, Perhaps he wanted to see the experiment.*

**52.** When the subject is a substantive, it comes first, then the verb, then (connected by a hyphen with the verb) a pronoun repeating the subject.

Les élèves savent-ils la leçon ?	<i>Do the pupils know the lesson ?</i>
Cet accident arrive-t-il souvent ?	<i>Does this accident often happen ?</i>
Combien d'expériences le professeur a-t-il fait ce matin ?	<i>How many experiments did the lecturer perform this morning ?</i>

**53.** There is another form of interrogation in which no inversion of verb and pronoun takes place. It consists in prefixing to the verb the phrase *est-ce que, is it that ?*

Est-ce que je chante faux ?
Est-ce que les élèves savent la leçon ?
Est-ce que cet accident arrive souvent ?

## NEGATIVE CONJUGATION.

**54.** The negative with verbs consists of two parts: *ne* and some strengthening word or "complement."

The *ne* immediately precedes the verb, and the second part of the negative follows the simple verb in simple tenses and is placed immediately before the past participle in compound tenses. With the infinitive both parts of the negative precede (§ 55).

The negatives are as follows :

<i>ne . . . pas, not</i>	<i>ne . . . jamais, never</i>
<i>ne . . . point, not at all</i>	<i>ne . . . guère, scarcely</i>
<i>ne . . . que, only</i>	<i>ne . . . rien, nothing</i>
<i>ne . . . plus, no more, no longer</i>	<i>ne . . . personne, nobody</i>
<i>ne . . . aucun, not any, no (adj.)</i>	
<i>ne ni ni, neither . . . nor.</i>	

Examples :

<i>Je n'ai pas d'encre (§ 173)</i>	<i>I have no ink</i>
<i>Je ne l'ai jamais reçu</i>	<i>I have never received it</i>
<i>Je n'ai reçu aucune lettre</i>	<i>I have received no letter</i>
<i>Nous n'avons que trois heures</i>	<i>We have only three hours</i>
<i>Elle n'a vu personne</i>	<i>She has seen nobody</i>
<i>Je n'admets point cela</i>	<i>I can't admit that</i>
<i>Ils n'ont rien vu</i>	<i>They have seen nothing</i>
<i>Je n'ai ni père ni mère</i>	<i>I have neither father nor mother</i>

*Obs.* Certain of these complements may be combined.

<i>Ils ont trouvé d'immenses régions dans lesquelles ne poussent guère que des mousses</i>	<i>They found vast districts in which scarcely anything but moss grows</i>
<i>Je n'avance plus que lentement</i>	<i>I get on but slowly</i>

**55.** When the present infinitive is used negatively, *ne pas*, etc., precede the verb. With the perfect infinitive *pas*, etc., follow the auxiliary.

<i>Voulez-vous bien ne pas briser le verre ?</i>	<i>Will you please not break the glass ?</i>
<i>N'avoir pas aimé c'est n'avoir pas vécu</i>	<i>Not to have loved is not to have lived</i>

## NEGATIVE INTERROGATIVE CONJUGATION.

**56.** The negative-interrogative conjugation requires no explanation, as the rules for negative and for interrogative conjugation are combined. **Ne** comes in front of the whole compound and **pas** or other complementary word at the end.

*N'avez vous pas fini votre travail ?      Have you not finished your work ?*

*or      Est ce que vous n'avez pas fini votre travail ?*

*Ne serez-vous jamais prêt ?      Will you never be ready ?*

*or      Est ce que vous ne serez jamais prêt ?*

*Ne lui a t elle rien donné ?      Has she not given him anything ?*

*Read Premières Lectures, No. 7, p. 127.*

## THE PASSIVE VOICE

**57.** The passive voice is formed in French exactly as in English.

*Il était aimé      He was loved*  
*J'ai été loué      I have been praised*

**58.** The past participle agrees in gender and number with the subject, but *été* remains invariable.

*Elle était aimée      She was loved*  
*Nous avons été loués      We have been praised*

**59.** The passive voice is used less frequently than in English. Its place may be taken by (1) a reflexive verb (§ 70), or (2) *on* with an active verb (§ 123).

(1) *Il s'appelle Henri      He is called Henry or His name is Henry*

(2) *On dit qu'il a été malade      He is said to have been ill*

Learn the paradigm of the passive voice of *aimer* (§ 240).

## INTRANSITIVE VERBS.

**60.** Most intransitive verbs form their compound tenses, like transitive verbs, with the auxiliary *avoir*, but the following verbs take *être*:

<i>aller, to go</i>	<i>partir, to set out</i>
<i>arriver, to arrive</i>	<i>rester, to remain</i>
<i>entrer, to go or come in</i>	<i>retourner, to go back</i>
<i>mourir, to die</i>	<i>sortir, to go out</i>
<i>naître, to be born</i>	<i>tomber, to fall</i>
<i>venir, to come</i>	and their compounds

**61.** The past participle of these verbs agrees in gender and number with the subject.

<i>Trois étudiants étaient entrés</i> <i>dans la salle de lecture</i>	<i>Three students had entered the</i> <i>reading-room</i>
--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

**62.** Some actions are denoted by transitive verbs in English but by intransitive verbs in French. Such are—

<i>entrer dans, to enter</i>	<i>succéder à, to succeed (come</i>
<i>nuire à, to injure</i>	<i>after)</i>
<i>obéir à, to obey</i>	<i>survivre à, to survive</i>
<i>résister à, to resist</i>	<i>jouir de, to enjoy</i>

**63.** Conversely some intransitive English verbs correspond to transitive verbs in French.

<i>attendre, to wait for</i>	<i>chercher, to look for</i>
<i>demander, to ask for</i>	<i>regarder, to look at</i>

## REFLEXIVE VERBS.

**64.** For a paradigm of these verbs see §§ 241-4.

To conjugate reflexive verbs insert *me, te, se, nous, vous, se* immediately before the verb in simple tenses and immediately before the auxiliary in compound tenses. The auxiliary is *être*, not *avoir*.



**65.** Some verbs are naturally reflexive (*i.e.* cannot be used without the reflexive pronoun), as for instance **se repentir**; others are accidentally reflexive (*i.e.* can be used with or without the reflexive pronoun), as for instance **se laver**, *to wash oneself*, **laver** being a transitive verb meaning *to wash*.

Among the latter class of verbs some are directly reflexive, *i.e.* the reflexive pronoun denotes the direct object of the verb's action, *e.g.* **se laver**; others are indirectly reflexive, *i.e.* the reflexive pronoun denotes the indirect object of that action, *e.g.* **s'acquérir**, *to obtain for oneself*. Verbs indirectly reflexive may take a direct object (§ 68).

**66.** In compound tenses of reflexive verbs the past participle agrees with the direct object if it precedes the verb, but not with the indirect object.

Nous nous sommes blessés	<i>We have hurt ourselves</i>
Elle s'était tuée	<i>She had killed herself</i>
Ils s'étaient gagné un grand renom	<i>They had won great fame</i>
Elles se sont nui	<i>They have injured (lit. done harm to) themselves</i>

**67.** **Se** may be reciprocal.

Ils se ressemblent fort	<i>They are very much alike</i>
-------------------------	---------------------------------

**68.** In the imperative used affirmatively the reflexive pronoun follows the verb.

Lavez vous vite	<i>Get up quickly</i>
Né vous lavez pas de trop bonne heure	<i>Don't get up too early</i>

**69.** In English many verbs can be used either transitively or intransitively without change of form; such are *to turn, to stop, to wash*. In French the **se** become reflexive, as the object (unexpressed in English) refers to the same person as the subject.

Après la mort le corps se décompose	<i>After death the body decomposes</i>
Les anciens Gaulois se nourrissaient de viande, de lait, et de pain	<i>The ancient Gauls lived on meat, milk, and bread</i>

**70.** The French reflexive is often equivalent to the English passive.

Le sel se produit au moyen de l'évaporation	<i>Salt is produced by evaporation</i>
A une température élevée il se produit un gaz	<i>At a high temperature a gas is produced (lit. there is produced a gas)</i>

**71.** Note *se servir de*, *to use* ; *se passer de*, *to do without*.

Read *Premières Lectures*, No. 9, p. 131.

### IMPERSONAL VERBS.

**72.** Impersonal verbs are only used in the third person singular. They may be (1) naturally, (2) accidentally impersonal. Naturally impersonal verbs are never used otherwise than impersonally, while some ordinary intransitive verbs may be used as accidentally impersonal verbs.

Il faut travailler pour réussir	<i>It is necessary to work in order to succeed</i>
Dans ce cas il s'y produit un mouvement circulaire	<i>In this case a circular movement is produced (§ 59)</i>
Il en sortait une fumée noire et épaisse	<i>There was issuing from it a thick black smoke</i>

**73.** The commonest impersonal verb is il y a, there is, there are (lit. *it has there*).

Il y aura beaucoup de monde à l'exposition	<i>There will be a great many people at the exhibition</i>
--------------------------------------------	------------------------------------------------------------

**74.** Il y a is equivalent to the English ago in such phrases as

Je les ai vus il y a deux heures	<i>I saw them two hours ago</i>
----------------------------------	---------------------------------

Read *Premières Lectures*, No. 10, p. 132.

**75.** Il fait (3rd singular present of *faire* used impersonally) is used in expressions about the weather.

Il a fait beau ce matin, mais maintenant il fait du brouil- lard	<i>It was fine this morning, but now it is foggy</i>
------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

**76.** Impersonal constructions are common in French. The logical subject may be plural.

Il tombe de la pluie	<i>Rain is falling</i>
Il en sort des rayons lumineux	<i>Bright rays issue from it</i>

**77.** The verbs *avoir* and *être* are used as auxiliaries as follows:—

<b>Avoir.</b>	<b>Être.</b>
All transitive verbs, active voice,	All transitive verbs, passive voice,
Most intransitive verbs,	Some intransitive verbs,
All true impersonal verbs,	All reflexive verbs,

#### IDIOMATIC USES OF CERTAIN VERBS AS AUXILIARIES.

**78.** *Devoir* as a notional verb means *to owe*. As an auxiliary with the present infinitive it means

- (1) In the conditional, *ought*;
- (2) In other moods, *must, have to, am to*.

Vous devriez sortir tous les jours	<i>You ought to go out every day</i>
Il a dû abandonner l'essai	<i>He has had to (or been obliged to) give up the attempt</i>
L'expérience devait aboutir à une grande découverte	<i>The experiment was (destined to lead to a great discovery</i>
C'est pourquoi le crocodile doit ramper	<i>That is why the crocodile is obliged to crawl</i>

**79.** The perfect conditional of *avoir* or *pouvoir* with the present infinitive corresponds to the idiomatic English *ought to have*, *could have*.

**Vous auriez dû finir l'expérience**

*You ought to have finished the experiment*

**Il aurait pu travailler mieux**

*He could have worked better*

**80.** *Aller* followed by an infinitive is used of an act in the immediate future.

**Je vais finir l'expérience**

*I am going to finish the experiment*

**81.** *Venir de* with the infinitive means *to have just*.

**Nous venions de rencontrer le grand chimiste**

*We had just met the great chemist*

**82.** *Il faut*, *it is necessary*, is best translated by *must*, *be obliged to*.

**Il fallait absolument partir ce soir même**

*We were absolutely obliged to leave that very evening*

**Il faut que vous fassiez cela  
or Il vous faut faire cela**

*You must do that*

**83.** *Faire* is used in the sense of to cause a thing to be done and is variously rendered.

**Je ferai venir l'étudiant**

*I will send for the student*

**Il a fait faire les instruments à Paris**

*He has had the instruments made in Paris*

When the infinitive that follows *faire* has its own direct object, the object of *faire* itself becomes indirect.

**Le professeur lui avait fait finir l'expérience**

*The lecturer had made him finish the experiment*

**Il lui fera dire la vérité**

*He will make him tell the truth*

**84.** Laisser, entendre, voir have the same construction as faire.

Il a laissé faire	<i>He has left things alone</i>
J'ai entendu detonner l'hydrogène	<i>I heard the hydrogen explode</i>
Je vois venir le professeur de chimie	<i>I see the chemistry teacher coming</i>

*Obs.* Note the word order in French: in affirmative sentences the infinitive is not separated from the verb used as an auxiliary.

**85.** Savoir with an infinitive means *to know how to*. Note also je ne saurais (p. 43), *I cannot*.

Je ne saurais vous dire s'il sait patiner	<i>I can't tell you whether he knows how to skate</i>
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------

Read *Première Lectures*, No. 11, p. 134.

§§ 211-216, on the Comparison of Adjectives and Adverbs, may now be read for a first time.

## POSSESSIVE ADJECTIVES AND PRONOUNS.

### POSSESSIVE ADJECTIVES.

**86.** The possessive adjectives are:

		Singular.		Plural.	
		Male.	Fem.	For both genders	
SING.	1st Person	mon	ma	mes	<i>my</i>
	2nd „	ton	ta	tes	<i>thy</i>
	3rd „	son	sa	sos	<i>his, her, its</i>
<hr/>					
PL.	1st „	notre		nos	<i>our</i>
	2nd „	votre		vos	<i>your</i>
	3rd „	leur		leurs	<i>their</i>

**87.** The possessive adjective, like any other adjective, agrees in gender and number with the substantive to which it refers.

**mon** mari, *my husband*                      **ta** femme, *your wife*  
**son** parapluie, *his umbrella* or *her umbrella*  
**sa** sœur, *his sister* or *her sister*  
**ses** sœurs, *his sisters* or *her sisters*

*Obs.* **Son** and **sa** mean *his* or *her* indifferently, just as **mon** and **ton**, **ma** and **ta**, are used without regard to the sex of the possessor.

**88.** When a feminine word begins with a vowel or *h* mute, the forms **mon**, **ton**, **son** are used instead of **ma**, **ta**, **sa**, in order to avoid the retention of an unelided vowel before a word beginning with a vowel.

**mon** âme (instead of **ma** âme), *my soul*  
**ton** horloge (instead of **ta** horloge), *your clock*

## POSSESSIVE PRONOUNS.

**89.** The possessive pronouns are:—

	Singular.		Plural.		
	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	
1st Pers. Sing.	<b>le mien</b>	<b>la mienne</b>	<b>les miens</b>	<b>les miennes</b>	<i>mine</i>
2nd „ „	<b>le tien</b>	<b>la tienne</b>	<b>les tiens</b>	<b>les tiennes</b>	<i>thine</i>
3rd „ „	<b>le sien</b>	<b>la sienne</b>	<b>les siens</b>	<b>les siennes</b>	<i>his, hers</i>
1st Pers. Pl.	<b>le nôtre</b>	<b>la nôtre</b>	<b>les nôtres</b>		<i>ours</i>
2nd „ „	<b>le vôtre</b>	<b>la vôtre</b>	<b>les vôtres</b>		<i>yours</i>
3rd „ „	<b>le leur</b>	<b>la leur</b>	<b>les leurs</b>		<i>theirs</i>

**90.** Possessive pronouns take the gender and number of the substantive to which they refer.

**Mes** tables ne sont pas si précises **que** les vôtres ou les siennes

*My tables are not so exact as yours or his (or hers)*

## DEMONSTRATIVE ADJECTIVES AND PRONOUNS.

## THE DEMONSTRATIVE ADJECTIVE.

**91.** The demonstrative adjective in French has four forms.

Singular.		Plural.
Masc.	ce, cet	ces, these or those
Fem.	cette	

*this or that*

**92.** In the masculine singular *cet* is used before a substantive or adjective beginning with a vowel or *h* mute.

<i>ce garçon, this boy or that boy</i>	<i>cet ami, this friend or that friend</i>
<i>ce héros, this hero or that hero</i>	<i>cet homme, this man or that man</i>
<i>cet heureux événement, this or that happy event</i>	
<i>cette horloge, this or that clock</i>	<i>ces horloges, these or those clocks</i>

**93.** When *this* and *that* are used in the same sentence in English, the distinction is preserved in French by *ci* (shortened from *ici*), *here*, and *là*, *there*, placed after the substantives and connected therewith by hyphens.

*ce cheval ci et ce chien là, this horse and that dog*

## DEMONSTRATIVE PRONOUNS.

**94.** The demonstrative pronouns are:

Singular.			
Masc.	celui, he	<i>that,</i>	celui ci <i>this one,</i> celui là <i>that one,</i>
Fem.	celle, she	<i>the one</i>	celle ci <i>the latter</i> celle là <i>the former</i>
Plural.			
Fem.	celles	<i>those</i>	celles ci <i>the latter</i> celles là <i>the former</i>
Singular.			
Neut.	ce, it, that, etc.	ceci, <i>this</i>	cela, <i>that</i>

**95.** Celui, celle, and their plurals, ceux, celles, must always be followed by the preposition *de* or a relative pronoun. They usually refer to a substantive preceding; when they do not, they can only be used of persons.

Voici mon thermomètre et voilà  
celui de mon frère

*Here is my thermometer and  
there is my brother's*

Ceux qui font des heureux sont  
les vrais conquérants

*Those who make men happy are  
the true conquerors*

**96.** Celui-ci, etc., celui-là, etc., are used as real demonstratives, *i.e.* to point out or indicate, celui-ci referring to the nearer object, celui-là to the more remote.

Vos livres sont mieux reliés que  
ceux-là

*Your books are better bound than  
those*

Achetez des prunes et des mar-  
rons; mangez celles-là et gar-  
dez ceux-ci

*Buy some plums and chestnuts;  
eat the former and keep the  
latter*

**97.** The demonstrative pronoun *ce* is used (i) as the subject of the verb *être*, (ii) in conjunction with the relative pronouns.

**98.** *Ce*, as the subject of *être*, may take the place of the pronouns *il*, *ils*, *elle*, *elles*.

C'est un farceur

*He is a humbug*

Ce sont de bons mathémati-  
ciens

*They are good mathematicians*

**99.** *C'est* is also used impersonally for *il est*, *it is*, before a proper noun, a common noun preceded by any determining word, or a pronoun.

C'est Charles

*It is Charles*

C'est mon médecin

*It is my doctor*

C'est nous

*It is we*

NOTE.—*Ce sont* must be used before a third person plural.

Ce sont les enfants

*It is the children*



**100.** Ceci and cela are used as the equivalents of the English *this* and *that* when not referring to a substantive already mentioned.

Ceci est la maison rouge	<i>This is the red house</i>
Pourquoi vous a-t-il donné cela ?	<i>Why did he give you that ?</i>

### RELATIVE PRONOUNS.

**101.** The relative pronouns are *qui, who, which, that*; *lequel, who, which*; *ce qui, what (that which)*.

**102.** *Qui* is declined as follows, the singular and plural being identical in form. —

Of persons		Of Animals and Things.	
Nom.	<i>qui, who</i>	<i>qui, who, that</i>	
Acc.	<i>que, whom</i>	<i>que, which, that</i>	
Gen.	<i>de qui, dont, of whom</i>	<i>dont, of which</i>	
Dat.	<i>à qui, to whom</i>	<i>(auquel, etc., to which)</i>	

**103.** The relative pronoun *lequel* is declined as follows: —

Singular.		Plural.		
Mas.	Fem.	Mas.	Fem.	
Nom. lequel	laquelle	lesquels	lesquelles	<i>which</i>
Acc. lequel	laquelle	lesquels	lesquelles	<i>which</i>
Gen. duquel	de laquelle	desquels	desquelles	<i>of which</i>
Dat. auquel	à laquelle	auxquels	auxquelles	<i>to which</i>

Note the relative use of *où, where*, in place of a preposition and *lequel*.

Voici l'hôtel où il est descendu	<i>This is the hotel at which he put up.</i>
----------------------------------	----------------------------------------------

**104.** *Qui*, after a preposition, can only refer to persons, in reference to animals or things one of the various forms of *lequel* must be used.

Les assassins par qui il fut  
tué ont été pendus

*The assassins by whom he was  
killed have been hung*

C'est l'étude à laquelle je con-  
sacre mes loisirs

*This is the study to which I  
devote my leisure*

**105.** *Et qui*, *et que* are equivalent to the English *and one which*, etc.

La pomme de terre est une  
plante très commune main-  
tenant et que chacun a vue

*The potato is now a very com-  
mon plant, and one which  
everybody has seen*

La baleine a de petits yeux,  
pas plus grands que ceux  
d'un bœuf et qui sont  
placés de chaque côté de la  
tête

*The whale has small eyes, no  
larger than those of an ox ;  
they are placed one on each  
side of its head*

**106.** The genitive *dont* may be used of persons or things, but must always come next to its antecedent.

Alexandre fut un héros dont  
nous admirons les exploits

*Alexander was a hero whose  
exploits we admire*

Le cheval dont je parlais est  
mort

*The horse of which I was  
speaking is dead*

*Obs.* *Dont* must sometimes be translated with *which*, e.g.

Son poil, dont on remplit les  
coussins, est long et fin

*Its hair, with which cushions  
are filled, is long and fine*

**107.** When *dont* cannot come next to its antecedent, its place is taken by *de qui*, *duquel*, etc.

Le monsieur dans la famille  
de qui (or duquel) il avait  
été domestique

*The gentleman in whose family  
he had been a servant*

**108.** *Ce qui* is the demonstrative pronoun *ce* in conjunction with the relative *qui*, and is used as the equivalent of the English relative *what*; it may be thus declined:—

Nom.	<i>ce qui</i>	<i>that which, what</i>
Acc.	<i>ce que</i>	<i>that which, what</i>
Gen.	<i>ce dont</i>	<i>that of which</i>
Dat.	<i>ce à quoi</i>	<i>that to which</i>

Il aime <i>ce qui</i> est juste et équitable	<i>He likes what is just and fair</i>
J'aime <i>ce que</i> vous aimez	<i>I like what you like</i>
Je ne comprends pas <i>ce dont</i> vous parlez	<i>I do not understand what you are talking about</i>
<i>Ce à quoi</i> elle pense est un secret	<i>What she is thinking of is a secret</i>

**109.** For the relative adjective *quel que*, *whatever*, see § 120.

## INTERROGATIVE ADJECTIVE AND PRONOUNS.

### THE INTERROGATIVE ADJECTIVE

**110.** The interrogative adjective has four forms:—

	Singular	Plural
Male.	<i>quel</i>	<i>quels</i> / <i>which?</i>
Fem.	<i>quelle</i>	<i>quelles</i> / <i>what?</i>

**111.** *Quel* may be either directly or indirectly interrogative.

#### Direct question

Quelle route dois-je suivre?	<i>Which road must I follow?</i>
Quel est votre numéro d'ordre à l'examen?	<i>What is your examination number?</i>

Indirect question—

Je vous demande quelle route je dois suivre	<i>I ask you which road I must follow</i>
L'examineur m'a demandé quel était mon numéro	<i>The examiner asked me what my number was</i>

**112.** Quel also corresponds to the English *What a . . . !* used in exclamations.

Quel dommage! *What a pity!*

### INTERROGATIVE PRONOUNS.

**113.** The interrogative pronouns are *qui? who? que? quoi? what? lequel? which?* Lequel is declined in the same way as the relative pronoun.

	Singular and Plural.	Singular.
Nom.	<i>qui? who?</i>	<i>que? what?</i>
Acc.	<i>qui? whom?</i>	<i>que? what?</i>
Gen.	<i>de qui? of whom?</i>	<i>de quoi? of what?</i>
Dat.	<i>à qui? to whom?</i>	<i>à quoi? to what?</i>

**114.** For the interrogative pronoun *qui*, in its various cases, the following locution is often used:—

Nom.	<i>qui est-ce qui?</i>	<i>who (is it that)?</i>
Acc.	<i>qui est-ce que?</i>	<i>whom?</i>
Gen.	<i>de qui est-ce que?</i>	<i>of whom?</i>
Dat.	<i>à qui est-ce que?</i>	<i>to whom?</i>

Qui vous a dit de sortir? }  
Qui est-ce qui vous a dit de sortir? } *Who has told you to go out?*

Qui cherchent-ils? }  
Qui est-ce qu'ils cherchent? } *For whom are they looking?*

De qui parle-t-il? }  
De qui est-ce qu'il parle? } *Of whom is he speaking?*

A qui parlez-vous? }  
A qui est-ce que vous parlez? } *To whom are you speaking?*

**115.** Similar substitution may be made for the various cases of *que* or *quoi*. In the nominative the simple form *que* is rarely used.

Nom.	qu'est ce qui ?	<i>what is it (that) ?</i>
Acc.	qu'est ce que ?	<i>what ?</i>
Gen.	de quoi est ce que ?	<i>of what ?</i>
Dat.	à quoi est ce que ?	<i>to what ?</i>

Qu'est ce qui vous empêche de sortir ?	<i>What prevents you from going out ?</i>
Que dit-il ?	<i>What does he say ?</i>
Qu'est ce qu'il dit ?	
De quoi parle-t-il ?	<i>Of what is he speaking ?</i>
De quoi est ce qu'il parle ?	
À quoi travaille-t-il ?	<i>At what is he working ?</i>
À quoi est ce qu'il travaille ?	

**116.** *Lequel*, in its various forms, is used, like the English *which*, when there is a choice of several persons or things.

Lequel de ces garçons est votre fils ?	<i>Which of these boys is your son ?</i>
Voici deux plumes ; laquelle préférez-vous ?	<i>Here are two pens ; which do you prefer ?</i>

## INDEFINITE ADJECTIVES AND PRONOUNS.

**117.** The following words can be used either as indefinite adjectives or as indefinite pronouns :

Singular.		Plural.		
Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	
aucun	aucune	aucuns	aucunes	} <i>any, no, none</i>
autre		autres		
l'un et l'autre	l'une et l'autre	les uns et les autres	les unes et les autres	} <i>both</i>

Singular.		Plural.		
Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	
l'un ou	l'une ou	les uns ou	les unes ou	} <i>ei</i>
l'autre	l'autre	les autres	les autres	
ni l'un ni	ni l'une ni	ni les uns ni	ni les unes ni	} <i>neither</i>
l'autre	l'autre	les autres	les autres	
nul	nulle	nuls	nulles	<i>no, none</i>
			plusieurs	<i>several</i>
tel	telle	tels	telles	<i>such</i>
tout	toute	tous	toutes	<i>all, every</i>

\*Aucun (or nul) espoir ne nous reste

*No hope is left to us*

\*Je n'ai vu aucun de vos amis

*I have seen none of your friends*

Prenez l'autre éprouvette

*Take the other test-tube*

Les autres sont partis

*The others are gone*

Ni l'une ni l'autre maison n'est à vendre

*Neither house is for sale*

Plusieurs ont été tués

*Several have been killed*

Plusieurs soldats ont été tués

*Several soldiers have been killed*

Telle fut sa fin

*Such was his end*

Toute la terre est habitée

*The whole earth is inhabited*

Tous ont péché

*All have sinned*

**118.** Tout may be an adjective meaning in the singular *any*, in the plural *all*.

Toute femme saurait le faire

*Any woman could do it*

Tous les vases sont pleins

*All the vessels are full*

**119.** Tout as an adverb is invariable, except when it precedes a feminine adjective beginning with a consonant or *h* mute, in which case it agrees.

Elle était tout étonnée, toute charmée

*She was quite astonished, quite delighted*

Le tout is a noun and means *the whole*.

\* Aucun (negative) and nul when used with a verb require the latter to be preceded by *ne*.

## INDEFINITE ADJECTIVES.

**120.** The following words can be used as indefinite adjectives only :

Masc.	Fem.	Masc.	Fem.
chaque			<i>each</i>
même		mêmes	<i>every</i>
quelque		quelques	<i>each, some</i>
quel . . . que	quelle . . . que	quels . . . que	quelles . . . que
			<i>whatever</i>
quelconque		quelconques	<i>any . . . whatever</i>
Les professeurs mêmes font la même chose			<i>The teachers themselves do the same thing</i>
Nous avons quelques heures à attendre			<i>We have some hours to wait</i>
*Quelle qu'ait été son inten- tion, le résultat a été bon			<i>Whatever his intention may have been, the result was good</i>
Prenez deux points quelcon- ques			<i>Take any two points</i>
<i>Obs. Même is also an adverb, meaning even.</i>			
Les plus sages même le font			<i>Even the wisest do it</i>

## INDEFINITE PRONOUNS.

**121.** The following words are used as indefinite pronouns only. They may be divided into variable and invariable.

**122. VARIABLE INDEFINITE PRONOUNS.**

Masc.	Singular.	Fem.	Masc.	Plural.	Fem.
chacun		chacune			
		<i>each one</i>			
l'un		l'une	les uns		les unes
		<i>the one</i>			
l'un l'autre		l'une l'autre	les uns les autres		les unes les autres
		<i>one another</i>			
quelqu'un		quelqu'une	quelques uns		quelques unes
		<i>some one</i>			

\* Quel . . . que is always followed by the subjunctive.

Remettez ces éprouvettes chacune à sa place	<i>Put each of these test-tubes back into its place</i>
L'une d'elles est brisée	<i>One of them is broken</i>
Ces deux hommes se haïssent l'un l'autre	<i>These two men hate each other</i>
Tous ces gens se haïssent les uns les autres	<i>All these people hate one another</i>
Achetez quelques-uns de ces chronomètres	<i>Buy some of these chronometers</i>

### 123. INVARIABLE INDEFINITE PRONOUNS.

on, l'on, <i>one, people, they</i> personne, <i>anyone, no one</i>	<i>quelque chose, something</i> <i>rien, anything, nothing</i>
On trouve des diamants en Afrique	<i>Diamonds are found in Africa</i>
Je viendrai si * l'on m'appelle	<i>I shall come if I am called</i>
Personne† n'est assez sot pour le croire	<i>Nobody is so foolish as to believe him</i>
Qui vous l'a dit ? Personne	<i>Who told you so ? No one</i>
Y a-t-il personne d'assez cou- rageux ?	<i>Is there anybody courageous enough ?</i>
J'ai appris quelque chose de fâcheux	<i>I have learnt something annoy- ing</i>
Qui ne risque rien, n'a rien	<i>Nothing venture, nothing have</i>
Qu'avez-vous ? Rien	<i>What is the matter with you ? Nothing</i>
Y a-t-il rien de plus beau ?	<i>Is there anything more beauti- ful ?</i>

\* L'on is often substituted for on after et, ou, où, que, si, for the sake of euphony.

† The masculine pronoun *personne* must be distinguished from the feminine substantive *une personne*, a person.



## DISJUNCTIVE PERSONAL PRONOUNS.

**124.** The forms of the personal pronouns given in §§ 8, 9 are used, as was explained in §§ 19-21, when the pronoun stands in conjunction with a verb as its subject or object, and they are hence known as conjunctive personal pronouns.

**125.** The disjunctive pronouns are not thus used in direct combination with a verb. They have only one form for the nominative and accusative, the dative is formed by prefixing *à*.

	English.	French.
First Person (both genders)	<i>moi, I, me</i>	<i>moi, me, us</i>
Second Person	<i>toi, thou, thee</i>	<i>vous, ye, you</i>
Third Person (Masculine)	<i>lui, he, him</i>	<i>eux, they, them</i>
(Feminine)	<i>elle, she, her</i>	<i>elles, they, them</i>

**126.** A disjunctive personal pronoun may stand alone in answer to a question.

*Qui va là ?* *Moi*      *Who is there ? I*

**127.** A disjunctive personal pronoun is used as the second term of a comparison.

*Nous sommes plus âgés qu'eux*      *We are older than they*

**128.** Disjunctive personal pronouns are used when there are two or more subjects, direct objects, or indirect objects to the same verb, one or more of such subjects or objects being pronouns.

*Lui et elle sont arrivés*      *He and she have arrived*

**129.** A disjunctive personal pronoun is used as the antecedent to a relative pronoun.

*Moi, qui suis innocent, serai condamné*      *I, who am innocent, shall be condemned*

**130.** A disjunctive personal pronoun is used after a preposition.

A qui parlez-vous ? A eux      To whom are you speaking?  
To them

**131.** A disjunctive personal pronoun may stand as the complement of the impersonal *c'est*, *ce sont*.

Est-ce vous, mon cher ?	<i>Is it you, my dear fellow ?</i>
Ce sont eux	<i>It is they</i>

**132.** The disjunctive personal pronouns are used with the adjective **même** to form the emphatic personal pronouns

	Singular.	Plural.
First Person	moi-même, <i>myself</i>	nous-mêmes, <i>ourselves</i>
Second „	{ toi-même, <i>thyself</i> vous-même, <i>yourself</i> }	vous-mêmes, <i>yourselves</i>
Third „	{ lui-même, <i>himself</i> elle-même, <i>herself</i> }	{ eux-mêmes elles-mêmes } <i>themselves</i>
	Je l'ai fait moi-même	<i>I did it myself</i>
	Elle l'a dit elle-même	<i>She said so herself</i>

## REFLEXIVE PRONOUNS.

**133.** The reflexive conjunctive pronouns are *me, te, se, nous, vous, se*. See § 64 on reflexive verbs.

For disjunctive reflexives the ordinary disjunctive pronouns are used, with or without *même*; there is also a special form, *soi*, used in reference to an indefinite pronoun such as *on* or *chacun*.

Il a de l'argent sur lui      *He has money on him*  
Chacun pour soi      *Each for himself*

## THE NUMERALS.

*For the Table of Numerals see pp. 73, 74.*

**134.** The notation is the same in French as in English, but vulgar fractions are but little employed, except those in low terms, owing to the universality of the decimal system.

NOTE 1. Ordinals are abbreviated thus: 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, etc.

NOTE 2. Vulgar fractions are expressed, as in English, by using a cardinal number as numerator, an ordinal as denominator; e.g.: trois cinquièmes ( $\frac{3}{5}$ ), trois millièmes ( $\frac{3}{1000}$ ).

But note un demi ( $\frac{1}{2}$ ), deux tiers ( $\frac{2}{3}$ ), trois quarts ( $\frac{3}{4}$ ).

NOTE 3. *Un dixième* is a *fraction ordinaire*; a *decimal fraction* is a *fraction décimale*; a *decimal point* is a *virgule décimale*.

NOTE 4. No *claisen* takes place before *huit* and *onze*. *Au onzième siècle*, in the 11th century; *le huit mars*, March 8th.

NOTE 5. In French *un billion* means a *thousand millions*, *un trillion*, a *million*.

NOTE 6. The *cent*, *vingtaine*, *a score*, *centaine*, *a hundred*, etc., denote round numbers, *à* or *out* twenty, about a hundred, etc.

NOTE 7. *Unité*, *tens*, *hundreds*, &c., are respectively *unités*, *dizaines*, *centaines*, &c.

**135.** *Vingt* and *cent* take the sign of the plural when they are multiplied, but not followed, by another number.

Quatre vingts morceaux	80 pieces
Huit cent un ans	801 years

**136.** *Mille*, a *thousand*, never takes an *s*.

Cinq mille milles	5,000 miles
-------------------	-------------

**137.** *Mil* is used for *mille* in dates of the Christian era.

Newton mourut en l'an mil sept cent vingt sept	Newton died in 1727
------------------------------------------------	---------------------

## ORDINALS.

**138.** The ordinal numbers, with the exception of *premier*, *first*, and *second* (the alternative for *deuxième*), *second*, are formed by adding *-ième* to the cardinals, final *-e* mute being elided.

*e.g.* quatre

quatrième

But note orthographical modifications in *cinquième* (from *cinq*), and *neuvième* (from *neuf*).

**139.** *Unième* and *deuxième*, NOT *premier* and *second*, are used in compounds.

*e.g.* vingt et un

vingt et unième

**140.** Cardinals are used instead of ordinals in the titles of monarchs and in naming the days of the month.

Louis seize fut décapité le vingt-et-un janvier 1793

Louis XVI. was beheaded  
January 21st, 1793

## TIME OF DAY.

**141.** The following examples show the French method of stating the hour. The word *minutes*, *minutes*, may be omitted, as in English:—

Quelle heure est-il ?

*What o'clock is it ?*

Il est une heure

*It is one o'clock*

Il est midi

*It is twelve o'clock (noon)*

Il est minuit

*It is twelve o'clock (midnight)*

Il est deux heures et demie

*It is half-past two*

Il est midi et (un) quart

*It is a quarter-past twelve*

Il est midi moins un quart

*It is a quarter to twelve*

Il est une heure cinq (minutes)

*It is five minutes past one*

Il est dix heures vingt-cinq (minutes)

*It is five-and-twenty past ten*

Le train partira à midi moins vingt (minutes)

*The train will leave at twenty (minutes) to twelve*

NOTE.—The abbreviation *m.* (*matin*, *morning*) is used for *a.m.*, and *s.* (*soir*, *evening*) for *p.m.*



(4) Verbs ending in **-yer** change the **y** into **i** before **e** mute.

**ployer**, to bend

**je ploie**, I bend

Verbs ending in **-ayer** may retain the **y** throughout, but usually change it to **i** before **e** mute.

**payer**, to pay

**je paie**, I pay

(5) In verbs ending in **-ger** or **-cer** an **e** is inserted after the **g** of the former, and a cedilla is put under the **c** of the latter, whenever the inflexional suffix begins with **a** or **o**.

**manger**, to eat

**nous mangeons**, we eat

**tracer**, to trace

**nous traçons**, we trace

## PREPOSITIONS.

*N.B.—The object of this chapter is to point out the chief differences of idiom between the two languages as regards this part of speech.*

**144. A** (1) means *to, at* (Latin *ad*); (2) denotes manner, means, purpose, possession, standard (of judging).

**Nous vivons à l'anglaise**

*We live English fashion*

**Peignez-vous à l'huile ou à l'aquarelle ?**

*Do you paint in oils or in water-colours ?*

**Vous trouverez le pot au lait dans la salle à manger**

*You will find the milk-jug in the dining-room*

**Ces crayons sont à vous, non pas à moi**

*These pencils are yours, not mine*

**Ce métal est reconnaissable à sa couleur**

*This metal may be recognised by its colour*

Note also—

**Peu à peu**

*Little by little*

**Quant à lui**

*As for him*

**A part**

*Aside*

**Au moyen de**

*By means of*

**Au menton**

*On the chin*

**Au mois de**

*In the month of*

**A ce sujet**

*On this subject*

**145.** Acheter, demander, and verbs with a similar meaning take the dative of the person and accusative of the thing, as also do verbs of "taking away."

J'ai demandé une épreuve à l'étudiant	<i>I asked the student for a test- tube.</i>
J'ai dû emprunter de l'ar- gent à un ami	<i>I had to borrow some money from a friend.</i>

**146.** Avec and de may both be used to express *with* (instrumental). Avec denotes mere instrumentality, de given in addition the idea of cause or means.

On écrit avec un crayon ou avec une plume	<i>One writes with a pencil or a pen.</i>
Il a écrit cette lettre de sa propre main	<i>He has written the letter with his own hand.</i>

**147.** Chez, lit. *at the house of*, is sometimes to be translated *among*, *in*.

Parfois on rencontre chez les oiseaux aquatiques un long cou et des pattes courtes	<i>Sometimes among the land- fowl one finds a long neck and short legs.</i>
------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

**148.** Dans means *into*, *in*. It is more definite than en, and is used before an article or demonstrative adjective. With such verbs as boire, *to drink*, prendre, *to take*, puiser, *to draw*, dans means *out of*.

Il a pris cela dans sa poche	<i>He has taken it out of his pocket.</i>
------------------------------	-----------------------------------------------

*then*. In speaking of time dans means *at the end of*, *on*, *in*.

Il fera cet ouvrage en trois jours	<i>He will take three days to do that project (and whenever he begins).</i>
Il terminera cet ouvrage dans trois jours	<i>He will finish that piece of work in three days (from now).</i>

**149.** *De* means *from* or *of*. It is used in a figurative sense of the agent or instrument. After *de* expressing instrument the partitive article is omitted.

Il brûle de rage	<i>He is burning with fury</i>
La montagne est couverte de neige	<i>The mountain is covered with snow</i>

**150.** *De* may precede an infinitive which is not governed by a finite verb.

Il est possible de calculer	<i>It is possible to calculate</i>
C'est bien le cas de le dire	<i>One may well say so</i>

Note also—

De façon à *	<i>In such a way as</i>
De beaucoup	<i>By far</i>
De tels	<i>Such</i>
D'autres	<i>Others</i>
De nos jours	<i>In our day</i>
Du moins	<i>At least</i>
Autour de	<i>Around</i>
De tous temps	<i>In every age</i>

**151.** *Devant*, *before* (of place only); *avant*, *before* (of time).

Il s'est tenu devant la porte	<i>He stood in front of the door</i>
Avant la guerre de Cent Ans, les paysans étaient prospères	<i>Before the Hundred Years' War the peasants were prosperous</i>

**152.** *En* means *in*, in a wider and vaguer sense than *dans*. It never stands before *le*, *la*, or *les*.

With the names of countries it means both *in* and *to*.

Dans huit jours j'irai en France : je suis resté assez longtemps en Angleterre	<i>In a week I shall go to France : I have stayed long enough in England</i>
--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

*Obs.* *Au* is used with masculine singular and *aux* with plural names of countries.

Au Japon, au Portugal, au Groënland, aux Indes	<i>To (or in) Japan, Portugal, Greenland, India</i>
------------------------------------------------	-----------------------------------------------------



En also denotes material

Une boîte en bois *A box of wood*

Une maison en pierre *A stone house*

En also means *as to, in the manner of*

Vivre en savant *To live like a scholar*

*Obs. 1.* En de ville en ville, *from town to town*, de mal en pis, *from bad to worse*, de plus en plus, *more and more*, en is used to express motion, as in *aller en Allemagne*

*Obs. 2.* Note en moyenne, *on an average*, en vie, *alive*, *consister en*, *to consist of*.

### 153. Entre.

Entre les mains de . . . *In the hands of . . .*

### 154. Faute de.

Faute d'argent *For lack of money*

### 155. Le long de.

Ils errèrent le long du chemin *They wandered along the road*

### 156. Par, *by*, especially to express the agent after a passive verb

Jeter par la fenêtre *To throw out of the window*

*Obs. 1.* When *par* is used of weather it is translated *on*.

Par un si beau jour *On such a fine day*

Par le temps qu'il fait *In these other*

*Obs. 2.* *Par* is used distributively in six francs par jour, *six francs a day*

*Par* with *commencer*, *finir*, is usually rendered *by* or *at*.

Tu me ferais plaisir si tu  
voulais commencer par  
le commencement

*I should be obliged if you  
would begin at the beginning*

Il a fini par réussir *He succeeded in the end*

Note also :—

Par où va-t-on à Laon ?

*How does one go to Laon ?  
Which is the way to Laon ?*

Je suis arrivé par là

*I came that way*

**157.** Pour corresponds with the English *for*, except in *trois pour cent*, *three per cent*.

Pour ce qui est de cela, ne  
vous en souciez pas

*As for that, don't bother about  
it*

**158.** The adjective or adverb modified by *trop* and *assez* must be followed by *pour* with—

Either (a) an infinitive :—

Il est assez riche pour être  
indépendant

*He is rich enough to be inde-  
pendent*

Or (b) a *que* clause with the indicative of that which is regarded as a fact, with the subjunctive if the idea of purpose is dwelt on.

Il est assez riche pour qu'on  
puisse s'adresser à lui

*He is rich enough to justify  
one in applying to him*

**159.** Sur is translated *from* in such phrases as *prendre du pain sur la table*, *prendre un drapeau sur l'ennemi*.

**160.** Sur also corresponds with *by* in dimensions.

Cette salle a trente pieds de  
long sur vingt de large

*This hall is thirty feet long by  
twenty feet wide*

**161.** A travers, au travers de, *through, across*.

Il va à travers le champ (au  
travers du champ)

*He crosses the field (diagonally)*

**162.** Many present participles are used as prepositions. Such are *pendant*, *during*; *suivant*, *according to*, etc.

Suivant moi, il est impossible  
de faire cela

*In my opinion it is impossible  
to do that*

**163.** Prepositions enter largely into the formation of compound nouns in French; *e.g.*

L'hôtel de ville, *the town hall*; un verre à vin, *a wine glass*; un fer à cheval, *a horseshoe*; un cheval de course, *a race-horse*; l'Afrique du Sud, *South Africa*; le voyage de retour, *the return journey*.

**164.** The process here illustrated necessitates altering the English order, as in French the name of the thing determined, not of its determining, must come first; *e.g.*

La télégraphie sans fil      *Wireless telegraphy*

*Note.* To translate a French double compound noun, begin at the end.

Une fabrique de poudre à canon      *A gun powder manufactory*

La compagnie de bateaux à vapeur du Rhin      *The Rhine Steamship Company*

Des gâteaux de farine d'avoine      *Oatmeal cakes*

**165.** The negative adverb *ne* must in the following cases be left untranslated:

(i) After comparatives:

Ces fruits sont plus mûrs que  
je ne l'attendais      *This fruit is ripper than I expected*

(ii) After verbs of fearing:

Je crains que les mathématiques ne soient une étude difficile      *I fear that mathematics is a difficult study*

(iii) After verbs of hindering:

Cela empêche que l'extrémité inférieure ne soit recourbée vers le haut      *That prevents the lower extremity from being bent back towards the top*

(iv) After verbs of denial or doubt used negatively or interrogatively:

Je ne nie pas que ce gaz ne se dégage facilement      *I do not deny that this gas is evolved easily*

## PART II.

### NOTES ON SOME IMPORTANT CONSTRUCTIONS.

#### THE ARTICLE AND THE SUBSTANTIVE.

##### THE DEFINITE ARTICLE.

**166.** The definite article is employed much more widely in French than in English. The following are some of the additional uses.

**167.** The definite article is used in French before any substantive taken in a general sense, *i.e.* before

- (1) an abstract noun, *e.g.* **la vérité**, *truth* ;
- (2) the name of a material, *e.g.* **le fer**, *iron* ;
- (3) the name of a Class, *e.g.* **les étudiants**, *students* ;
- (4) the name of a country, *e.g.* **l'Angleterre**, *England* ;
- (5) the name of a mountain, *e.g.* **le mont Blanc**, *Mont Blanc*.

Les expériences nous prouvent  
que la nature de l'électricité  
n'est pas encore comprise  
par les savants

*Experiments prove to us that  
the nature of electricity is not  
yet understood by scientists*

**168.** The definite article is also used before titles, and when an adjective precedes a proper name.

Les Français ne se défient plus de la perfide Albion, grâce à l'habileté du roi Edouard sept	<i>The French no longer distrust perfidious Albion, thanks to the cleverness of King Edward VII.</i>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Obs.* The article is omitted after the preposition *en*.

Voyager de France en Espagne	<i>To travel from France into Spain.</i>
------------------------------	----------------------------------------------

**169.** The definite article is used in place of the English possessive adjective where the possessor is sufficiently indicated by the context.

Il s'est brûlé la main en faisant cette expérience	<i>He burnt his hand in perform- ing this experiment.</i>
-------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

**170.** French uses the definite, not the indefinite, article in speaking of price.

Cela m'a coûté trois francs le livre	<i>That cost me three francs a pound.</i>
-----------------------------------------	-----------------------------------------------

### THE INDEFINITE ARTICLE.

**171.** The indefinite article is omitted in the following cases in which it is used in English :

- (1) in apposition ;
- (2) with the complement of such verbs as *devenir*, *to become* ; *être*, *to be* ; *rester*, *to remain*.

(1) La Russie, pays très peu accidenté, a beaucoup de fleuves aux cours longs et lents	<i>Russia, a flat country, has many rivers with long slow currents.</i>
(2) Il est devenu médecin très célèbre, mais il ne sera jamais savant	<i>He has become a very famous doctor, but he will never be a scientist.</i>

## THE PARTITIVE ARTICLE.

**172.** A substantive taken in a partitive sense is preceded in French by *du, de la, de l', des*.

Les plantes puisent <sup>de l'eau</sup> dans le sol	<i>Plants draw water from the soil</i>
Ces arbres porteront <u>des fruits</u>	<i>Those trees will bear fruit</i>

**173.** There are two cases, however, in which *de* only is used instead of the partitive article:—

- (1) with a substantive preceded by an adjective;
- (2) after a substantive or adverb denoting quantity.

Je veux de grands flacons pour mesurer ce fluide	<i>I require large flasks to measure this fluid</i>
Donnez-moi beaucoup de char- bon	<i>Give me plenty of coal</i>
Nous n'avons besoin que de peu d'outils	<i>We need but few instruments</i>

NOTE.—The negative adverbs *pas de, point de*, are included under this heading.

Ils n'ont pas de charbon	<i>They have no coal</i>
--------------------------	--------------------------

**174.** In French the article, whether definite or partitive, is repeated before each substantive to which it applies. So also with pronouns, personal, demonstrative or possessive.

L'or, le cuivre et l'argent se trouvent en Australie	<i>Gold, copper, and silver are found in Australia</i>
J'ai besoin du soufre et du phosphore pour cette ex- périence	<i>I need sulphur and phosphorus for this experiment</i>

**175.** Note the possibility of combining prepositions.

Je fais une visite à des amis	<i>I am visiting some friends</i>
-------------------------------	-----------------------------------

## POSITION OF THE ADJECTIVE.

**176.** In French a qualifying adjective sometimes precedes and sometimes follows the substantive. The general principle which determines its position is this: if the whole phrase denotes a species of the genus denoted by the substantive alone, the adjective follows; if, on the other hand, the adjective expresses a quality normally found in the object in question, the adjective precedes. Contrast

Un noir attentat, <i>a black outrage</i>	Un cheval noir, <i>a black horse</i>
Un cruel tyran, <i>a cruel tyrant</i>	Un homme cruel, <i>a cruel man</i>
Une raide falaise, <i>a steep cliff</i>	Une route raide, <i>a steep road</i>

*Obs.* Consequently adjectives denoting physical qualities, such as colour, form, taste, temperature, follow the noun, also adjectives of nationality.

la lumière électrique	<i>electric light</i>
une table ronde	<i>a round table</i>
les livres chinois	<i>Chinese books</i>

**177.** Sometimes the position of the adjective is determined by euphony, a short adjective preceding and a long adjective following the substantive.

The adjectives enumerated below normally precede the substantive:

beau, <i>beautiful</i> , etc.	mauvais, <i>bad</i>
bon, <i>good</i>	mechant, <i>evil</i>
cher, <i>dear</i>	meilleur, <i>better</i>
digne, <i>worthy</i>	moindre, <i>less</i>
grand, <i>great</i> , etc.	petit, <i>small</i>
gros, <i>big</i>	saint, <i>holy</i>
haut, <i>high</i>	sot, <i>foolish</i>
jeune, <i>young</i>	vaste, <i>vast</i>
joli, <i>pretty</i>	vieux, <i>old</i>
long, <i>long</i>	vilain, <i>shabby</i>

Study the following examples:

Le nerf optique	<i>The optic nerve</i>
Le grand physicien allemand	<i>The great German physicist</i>
Des rayons jaunes et verts	<i>Yellow and red rays</i>
Un joli petit singe africain	<i>A pretty little African monkey</i>

## DEPENDENT CLAUSES.

**178.** The verb in a dependent clause may be in (A) the indicative, (B) the subjunctive, (c) the conditional.

**179.** The indicative is used when the idea is that of certainty, fact, or even probability; the subjunctive when the idea is one of assumption, doubt, or desire.

C'est un fait certain que je suis ici

*It is an indisputable fact that I am here*

Que pensez-vous de l'idée que nous passons nos vacances en Suisse?

*What do you think of the idea of our spending our holidays in Switzerland?*

Il faut faire tomber de l'eau goutte à goutte sur le carbure, de manière que le dégagement gazeux se puisse régler

*You must pour some water drop by drop on to the carbide so that the evolution of the gas can be regulated*

Il dégase le gaz de manière que le professeur était content

*He disengaged the gas in such a way that the teacher was pleased*

*Obs.* In the last two examples the indicative implies "with the result that," the subjunctive "with the intention that."

**180.** Si, *if* (conditional), takes the indicative, except when the condition is represented as unfulfilled in the past, in which case the pluperfect subjunctive may be used for the pluperfect indicative. Cp. § 188.

## THE SUBJUNCTIVE.

**181.** The main uses of the subjunctive in dependent clauses are the following:—

(a) in clauses depending on expressions of wish, fear, and doubt, the subjunctive being *always* introduced by the conjunction *que* (§§ 182-185);

(b) in certain cases after the relative pronoun (§§ 186, 187);

(c) after certain conjunctions (§§ 188-192).



The subjunctive is generally only used when the subjects of the verbs in the principal and dependent clauses are different. When they are the same the infinitive is preferred (§ 177).

**182.** The subjunctive is used after verbs of (i) wish or command, such as *vouloir* or *désirer*, *to wish*; *commander*, *to order*; *permettre*, *to allow*; *défendre*, *to forbid*; *prier*, *to request*; also after such impersonal verbs as *il faut*, *it is necessary*; *il convient*, *it is seemly*; *il est juste*, *it is right*.

Je désire qu'il fasse ce voyage	<i>I wish him to make this journey</i>
Le général défendit qu'aucun soldat entrât dans la ville	<i>The general forbade any soldier to enter the town</i>
Il faut que vous preniez patience	<i>You must have patience</i>

NOTE. Many of these impersonal verbs may also be used with the infinitive; e.g. the last sentence might run *il vous faut prendre patience*.

**183.** The subjunctive is used after verbs expressing (ii) fear and some other emotions, such as *craindre* or *avoir peur*, *to fear*; *regretter*, *to regret*; *se fâcher*, *to be angry*; and after the corresponding impersonals, *il est regrettable*, *il est fâcheux*, etc.

Nous craignons que cela ne vous coûtât cher	<i>We feared that it might cost you dear</i>
Je regrette qu'il ne vienne pas	<i>I am sorry he is not coming</i>
Il est fâcheux qu'il l'ait découvert	<i>It is awkward that he should have found it out</i>

NOTE. After verbs of fearing used affirmatively, *ne* (which is not to be translated) usually accompanies the subjunctive; e.g. *il faut*.

**184.** The subjunctive is used after (iii) verbs expressing doubt, negation, or uncertainty, such as *nier*, *to deny*; *douter*, *to doubt*; and such impersonals as *il semble*, *it seems*; *il se peut* or *il est possible*, *it is possible*.

Il est possible que cela soit vrai	<i>It may be that that is true</i>
Il nie que nous ayons raison	<i>He denies that we are right</i>

**185.** This subjunctive is often found after verbs of thinking, perceiving, etc., when these are used negatively or interrogatively. Compare the following:—

Il ne croit pas que nous ayons raison	<i>He does not believe that we are right</i>
Croit-il que nous ayons raison ?	<i>Does he believe that we are right ?</i>
Il croit que nous avons raison	<i>He believes we are right</i>

**186.** The subjunctive is used with the relative *qui* (*que*) when it (i) depends on a negative or doubtful statement, (ii) follows a superlative, or a superlative word like *le seul*, *le premier*, *le dernier*.

(i) Je ne peux pas trouver un homme qui soit sans défaut	<i>I cannot find a man without fault</i>
(ii) Il est le seul qui ait répondu	<i>He is the only one who has answered</i>

**187.** The subjunctive is also invariably found with the relative pronouns *quoi que*, *whatever*, *quel que*, *whoever*, *whatever*; the latter becomes *quelque . . . que* when used as a relative adjective, in which case the first part of the word *quelque* does not alter.

Quelle que soit votre intention, ne vous hâtez pas	<i>Whatever your intention is, do not be in a hurry</i>
Quoi que vous fassiez, vous ne réussirez pas	<i>Whatever you do, you will not succeed</i>
Quelques efforts que vous fassiez, on vous résistera	<i>Whatever efforts you make, you will meet with opposition</i>

**188.** In conditional sentences the pluperfect subjunctive often takes the place of the perfect conditional in the apodosis and of the pluperfect indicative in the protasis.

S'il fût venu, j'eusse fait votre commission	<i>If he had come, I should have given your message</i>
----------------------------------------------	---------------------------------------------------------

in place of

S'il était venu, j'aurais fait votre commission
-------------------------------------------------

**189.** After certain conjunctions the subjunctive is used in (i) final clauses, (ii) those expressing purpose, (iii) conditional clauses, (iv) temporal clauses, (v) concessive clauses *with such*.

(i) Faites red afin de l'aites  
en sorte qu'on soit con-  
tent de vous

*Do this in order that you may  
procure that you may  
satisfy your subscribers.*

(ii) Je n'irai pas à moins  
que vous ne m'accom-  
pagniez

*I shall not go unless you go  
with me.*

Il aurait pu faire cela s'il  
eut voulu

*He could have done that if he  
had liked it.*

**NOTE.** It is only if the tense is preterite that the subjunctive is used after all the other tenses the indicative must be used, and is often used in the preterite, as well, e.g. *s'il avait voulu* would be equally correct in the last sentence.

(iii) La bataille fut perdue  
avant que le général fut  
arrivé

*The battle was lost before the  
general had arrived.*

**NOTE.** Many temporal conjunctions, such as *aussitôt que*, *as soon as*, *quand*, *when*, take the indicative.

(iv) Bien que soit Quoique la  
chose soit improbable, elle  
n'est pas impossible

*Although the thing is improbable,  
it is not impossible.*

**NOTE.** Quoique, *although*, must be distinguished from *quoi que*, *whatever*.

**190.** There are also certain negative conjunctions, such as *non que*, *not that*, *sans que*, *without* (the first being causal and the second conditional), which are followed by the subjunctive.

Je ne peux parler sans que  
vous m'interrompiez

*I cannot say a word without your  
interrupting me.*

**191.** The compound conjunctions meaning *if*, such as *supposé que*, *en cas que*, *pourvu que*, take the subjunctive.

Supposé que cela fut, que  
feriez vous?

*Supposing that  
it would be so?*

**192.** To avoid repeating *si*, *if*, *que* with the subjunctive is used.

Si je reviens demain et que  
j'aie besoin de vous, je vous  
enverrai une lettre

*If I come back to-morrow and  
if I want you, I will send  
you a telegram*

### THE CONDITIONAL.

**193.** The conditional is used with *quand même*.

Quand même le problème serait  
difficile, je l'essayerais

*Even if the problem were dif-  
ficult, I should attempt it*

**194.** *Si*, *whether*, introducing an indirect question may be followed by any tense, including the conditional.

Il se demandait si elle y réus-  
sirait

*He wondered whether she would  
succeed in the attempt*

### THE INFINITIVE.

**195.** The infinitive, being by nature a verbal substantive, can be used—

(i) as the subject of the verb *être* and some impersonal verbs;

(ii) without a preposition as the direct object of certain verbs;

(iii) with the prepositions *à* and *de* after certain verbs and adjectives;

(iv) after the prepositions *après*, *par*, *pour*, *sans*; in this case the infinitive is generally translated by the English gerund or verbal substantive in *-ing*.

(i) Travailler n'est pas toujours  
un plaisir

*Work (or Working) is not al-  
ways a pleasure*

Il ferait beau voir cela

*It would be a fine thing to see  
that*

(ii) Je désire rester ici  
A peine sait-il lire

*I wish to stay here  
He can hardly read*

Il consentit à nous montrer sa bibliothèque	<i>He consented to show us his library</i>
Il est difficile à convaincre	<i>He is difficult to convince</i>
Le temps est venu de me rejouer	<i>The time has come for me to play</i>
Il n'aime pas à connaître un tel homme	<i>He does not like to know such a man</i>
Après avoir dit cela, il se tut	<i>After saying that, he was silent</i>
Il est trop paresseux pour travailler	<i>He is too lazy to work</i>

**196.** The infinitive with *à* is also used with some substantives, and often corresponds to the English verbal substantive in *-ing* used as an adjective.

La pierre à bâtir	<i>Building stone</i>
Une salle à manger	<i>A dining room</i>
Un cheval à vendre	<i>A horse for sale</i>

**197.** The infinitive is preferable to a subordinate clause introduced by a conjunction whenever the subject of that clause would be the same as that of the principal clause. Contrast

Il partit sans me voir	<i>He departed without seeing me</i>
Je partis sans qu'il me vit	<i>I left without his seeing me</i>
Je n'irai pas à moins de ne pas être accompagné	<i>I will not go unless someone joins me</i>

**198.** *De* is often used with the infinitive

- (i) as the mark of a genitive,
- (ii) as a mere link,
- (iii) with verbs of *entreating, permitting, etc.*

Je me souviens d'avoir vu cet homme	<i>I remember having seen that man</i>
Il est mieux d'échouer que de n'avoir pas essayé	<i>It is better to fail than not to have made an attempt</i>
Il m'a prié d'y aller	<i>He begged me to go there</i>

## THE PRESENT PARTICIPLE AND GERUND (OR VERBAL).

**199.** The verbal form in *-ant* may be used as a participle or as a gerund. In both cases it is invariable. The latter is usually preceded by the preposition *en*, which often represents the English *in*, *by*, or *while*.

L'argent cristallise, en formant ce qu'on nomme l'arbre de Diane	<i>Silver crystallises, forming what is called the arbor Dianæ</i>
En employant cette formule on constate la quantité de déplacement	<i>By using this formula we ascertain the amount of displacement</i>
Au fond, se détachant à l'horizon, on voyait quelques dômes étincelant au soleil	<i>In the distance, standing out on the horizon, could be seen a few domes sparkling in the sun</i>
En entrant il salua toute la compagnie	<i>As he came in, he greeted all those present</i>

**200.** Many present participles may be used, as in English, as pure adjectives.

La neige étincelante	<i>The sparkling snow</i>
Des ressemblances frappantes	<i>Striking resemblances</i>

## THE PAST PARTICIPLE.

**201.** The past participle used as an adjective agrees with its substantive in gender and number.

L'argent déplacé cristallise	<i>The silver displaced crystallises</i>
------------------------------	------------------------------------------

Rules have already been given as to the agreement or invariability of the past participle when conjugated with *avoir* (§ 26) and when conjugated with *être* in intransitive (§ 27), passive (§ 58), and reflexive (§ 66) verbs.

**202.** The past participle of *supporter* and *verbe* is always invariable.

Les chaleurs qu'il a fait  
monsieur ont été insupportables.

*The heat which he made  
me suffer has been insupportable.*

Malgré les grands frais qu'il  
leur a fallu faire, ils gagneront  
beaucoup d'argent.

*In spite of the great expenses  
to which they have been put,  
they will make a good deal  
of money.*

*Obs.* English seldom admits of a literal rendering of a French impersonal expression.

## CONJUNCTIONS.

**203.** Conjunctions are of two classes.

(i) Co-ordinating conjunctions, which connect two phrases or clauses without making one subordinate to the other. These are:

et, and

ni, or

car, for

ou, or

mais, but

que, that

soit . . . soit, either . . . or

(ii) Subordinating conjunctions, which make the clause they introduce subordinate to some other clause. Such conjunctions are:

(a) simple,

(b) compound.

**204.** There are only four simple subordinating conjunctions:

que, that

si, if

quand, when

comme, as

**205.** All the other subordinating conjunctions are compounds of *que*. Some of these take the indicative, some the subjunctive.

### A. SUBORDINATING CONJUNCTIONS FOLLOWED BY THE INDICATIVE.

à mesure que, <i>in proportion as</i>	lorsque, <i>when</i>
ainsi que, <i>as</i>	parce que, <i>because</i>
après que, <i>after</i>	pendant que, <i>while</i>
aussitôt que, <i>as soon as</i>	tandis que, <i>while</i>
dès que, <i>as soon as</i>	puisque, <i>since</i>
depuis que, <i>since</i>	selon que, <i>according as</i>

### B. SUBORDINATING CONJUNCTIONS FOLLOWED BY THE SUBJUNCTIVE.

The following is a list of all the conjunctions in frequent use that take the subjunctive:—

afin que } <i>in order that</i>	sans que, <i>without that</i>
pour que }	non que, <i>not that</i>
de façon que } <i>so that</i>	jusqu'à ce que, <i>until</i>
de manière que }	où que, <i>wherever</i>
de sorte que }	supposé que, <i>supposing</i>
pourvu que, <i>provided that</i>	à moins que . . . (ne), <i>unless</i>
avant que, <i>before</i>	quelque . . . que, <i>however</i>
quoique } <i>although</i>	que (to avoid repetition of another conjunction), <i>if</i>
bien que }	(§ 192)

### C. SUBORDINATING CONJUNCTIONS FOLLOWED BY THE INDICATIVE OR SUBJUNCTIVE (§ 179).

de façon que } <i>in such a way that</i>	tellement que, <i>so that</i>
de manière que }	
de (or en) sorte que }	



## PART III.

### IRREGULAR SUBSTANTIVES AND ADJECTIVES, COMPARISON OF ADJECTIVES AND ADVERBS.

#### TABLE OF NUMERALS

#### PARADIGMS OF REGULAR AND IRREGULAR VERBS

#### IRREGULAR PLURALS.

**206.** The rule that substantives and adjectives form their plural by the addition of *s* to the singular is subject to certain exceptions, the more important of which are given below.

**207.** If the singular end in *s*, *x*, or *z*, the same form serves also for the plural, *e.g.* *os*, *bœufs* or *bœufx*; *gros* (masc.), *légx*; *prix*, *poix* or *poïx*; *gaz*, *quix* or *quixx*.

**208.** Words ending in *au* or *eu* and some ending in *ou* add *x* to form the plural, and words ending in *al* change *al* into *aux*.

EX. 1.

un beau château, *a fine ou le*

le métal principal, *the chief metal*

EX. 2.

de beaux châteaux

les métaux principaux

**209.** The following plurals are irregular :—

bleu	<i>blue</i>	bleus
le travail	<i>the work</i>	les travaux
l'œil	<i>the eye</i>	les yeux
ciel	<i>the sky</i>	les cieux

## PLURAL OF COMPOUND SUBSTANTIVES.

**210.** The guiding principle in the formation of the plural of compound substantives is that of the several elements in a compound only substantives and adjectives can take the sign of the plural.

There are six methods of composition :—

1. Substantive + substantive. Both take the sign of the plural.

Singular.	Plural.
un chou-fleur, <i>a cauliflower</i>	des choux-fleurs
un oiseau-mouche, <i>a humming-bird</i>	des oiseaux-mouches

2. Substantive + adjective. Both take the sign of the plural.

Singular.	Plural.
un cerf-volant, <i>a kite</i>	des cerfs-volants

3. Substantive + preposition + substantive. The first or determining substantive alone takes the sign of the plural.

Singular.	Plural.
un ver-à-soie, <i>a silkworm</i>	des vers-à-soie
un arc-en-ciel, <i>a rainbow</i>	des arcs-en-ciel

4. Invariable word + substantive. The substantive only takes the sign of the plural.

Singular.	Plural.
une arrière-pensée, <i>an afterthought</i>	des arrière-pensées

5. Verb + substantive. Here the substantive is the object of the verb, which may be considered as an imperative. Consequently neither component takes the sign of the plural.

Singular.	Plural.
un tire bouchon, <i>a cork screw</i>	des tire bouchon

6. Miscellaneous compounds with no syntactical relation between their components.

Singular.	Plural.
un passe partout, <i>a master key</i>	des passe partout

## COMPARISON.

**211.** The comparative of adjectives is formed by prefixing the adverb *plus*, *more*, to the positive.

	Singular.	Plural.
Masc.	plus grand	plus grands <i>greater, larger</i>
Fem.	plus grande	plus grandes

**Moins**, *less*, can be prefixed in the same way.

**212.** *Than* in a comparison expressing quality is translated by *que*, but in a comparison involving number *de* is used.

L'or est plus pesant que l'argent, et moins pesant que le platine	<i>Gold is heavier than silver and less heavy than platinum</i>
Cette plaque a moins d'un centimètre d'épaisseur	<i>That plate is less than a centimetre thick</i>

**213.** To form the "comparative of equality" prefix the adverb *aussi* to the adjective. The second *as* (conjunction) is translated by *que*.

Le platine est aussi rare que l'or *Platinum is as rare as gold*

**214.** The superlative is formed by prefixing the definite article *le, la, or les* to the comparative.

	Singular.	Plural.	
Masc.	le plus grand	les plus grands	} <i>the . greatest</i>
Fem.	la plus grande	les plus grandes	
La télégraphie sans fil est la plus grande découverte de notre époque			<i>Wireless telegraphy is the greatest invention of our age</i>
Les aborigènes d'Australie sont la race la moins civilisée de la terre			<i>The aborigines of Australia are the least civilised race in the world.</i>

**215.** Adverbs are compared in the same way as adjectives, except that the superlative of an adverb is preceded always by the article *le* (invariable).

Ils ont agi plus courageusement que vous	<i>They have acted more courageously than you</i>
C'est elle qui a agi le plus courageusement	<i>It is she who has acted most courageously</i>

Note—

Plus on a, plus on veut	<i>The more we have, the more we want</i>
Ni moi non plus	<i>Nor I either</i>

**216.** Three adjectives, with their corresponding adverbs, have an irregular comparative.

Positive.	Comparative.	Superlative.
bon, <i>good</i>	meilleur	le meilleur
mauvais, <i>bad</i>	pire or plus mauvais	le pire or le plus mauvais
petit, <i>little</i>	moindre or plus petit	le moindre or le plus petit
bien, <i>well</i>	mieux	le mieux
mal, <i>badly</i>	pis or plus mal	le pis or le plus mal
peu, <i>little</i>	moins	le moins

## IRREGULAR INFLECTION OF ADJECTIVES.

**217.** Adjectives that end in *-e* in the masculine singular do not change for the feminine.

Masculine.	Feminine.	
belge	belge	<i>Belgian</i>
jeune	jeune	<i>young</i>

**218.** Adjectives ending in *-er* and some adjectives in *-et* take the grave accent over the last *e* but one in the feminine.

premier	première	<i>first</i>
complet	complète	<i>complete</i>

**219.** Adjectives ending in *-e* in the masculine generally change the *e* into *-que* for the feminine.

public	publique	<i>public</i>
blanc	blanche	<i>white</i>
grec	grecque	<i>Greek</i>

But

blanc	blanche	<i>white</i>
grec	grecque	<i>Greek</i>

**220.** Adjectives in *-f* and *-x* change this into *-ve* and *-se* respectively in the feminine.

actif	active	<i>active</i>
heureux	heureuse	<i>happy</i>

But-

doux	douce	<i>sweet</i>
------	-------	--------------

**221.** Adjectives in *-el*, *-eil*, *-en*, *-on*, and some in *-et* double the final consonant before the *e* mute of the feminine.

cruel	cruelle	<i>cruel</i>
pareil	pareille	<i>like</i>
ancien	ancienne	<i>ancient</i>
bon	bonne	<i>good</i>
muet	muette	<i>dumb</i>

**222. OTHER IRREGULAR ADJECTIVES.**

Masculine.	Feminine.	
beau, bel	belle	<i>beautiful, fine</i>
dissous	dissoute	<i>dissolved</i>
épais	épaisse	<i>thick</i>
exprès	expresse	<i>express</i>
fou, fol	folle	<i>mad</i>
frais	fraîche	<i>fresh, cool</i>
jumeau	jumelle	<i>twin</i>
long	longue	<i>long</i>
mou, mol	molle	<i>soft</i>
nouveau, nouvel	nouvelle	<i>new</i>
nul	nulle	<i>no</i>
vieux, vieil	vieille	<i>old</i>

*Obs.* In the case of the five adjectives which have two forms in the masculine singular, beau, fou, mou, nouveau, vieux are used when the following substantive begins with a consonant, bel, fol, mol, nouvel, vieil when it begins with a vowel or h mute.

Un bel été	<i>A beautiful summer</i>
Un beau jour	<i>A fine day</i>

**223.** For irregular plurals see §§ 207-209.

**ADVERBS.**

**224.** Adverbs of manner are formed by the addition of -ment to the feminine of the adjective.

Masc.	Fem.		Adverb.
doux	douce	<i>gentle</i>	<i>doucement, gently</i>
frais	fraîche	<i>fresh</i>	<i>fraîchement, freshly</i>
heureux	heureuse	<i>happy</i>	<i>heureusement, happily</i>

**225.** If the adjective ends in a vowel, -ment is added directly to the masculine.

<i>sage-ment, wisely</i>	<i>poli-ment, politely</i>	<i>absolu-ment, absolutely</i>
--------------------------	----------------------------	--------------------------------

**226.** Adjectives ending in *-ant*, *-ent*, change *-nt* into *-amment*

<i>courant</i> , <i>fluent</i>	<i>couramment</i> , <i>fluently</i>
<i>savant</i> , <i>learned</i>	<i>savamment</i> , <i>learnedly</i>
<i>récent</i> , <i>recent</i>	<i>récemment</i> , <i>lately</i>

**227.** From the following adjectives adverbs are formed irregularly :

<i>brief</i>	<i>brèvement</i>	<i>briefly</i>
<i>commode</i>	<i>commodément</i>	<i>conveniently</i>
<i>commun</i>	<i>communément</i>	<i>commonly</i>
<i>conforme</i>	<i>conformément</i>	<i>conformably</i>
<i>confus</i>	<i>confusément</i>	<i>confusedly</i>
<i>continu</i>	<i>continuellement</i>	<i>continuously</i>
<i>diffus</i>	<i>diffusément</i>	<i>diffusely</i>
<i>énorme</i>	<i>énormément</i>	<i>enormously</i>
<i>exprès</i>	<i>expressément</i>	<i>expressly</i>
<i>gentil</i>	<i>gentiment</i>	<i>prettily, nicely</i>
<i>immense</i>	<i>immensément</i>	<i>immensely</i>
<i>lent</i>	<i>lentement</i>	<i>slowly</i>
<i>obscur</i>	<i>obscurément</i>	<i>obscurely</i>
<i>précis</i>	<i>précisément</i>	<i>precisely</i>
<i>présent</i>	<i>présentement</i>	<i>presently</i>
<i>profond</i>	<i>profondément</i>	<i>deeply</i>
<i>traitre</i>	<i>traitreusement</i>	<i>treacherously</i>
<i>uniforme</i>	<i>uniformément</i>	<i>uniformly</i>

**228.** Some adjectives are used without change of form as adverbs.

<i>parler bas</i> , <i>to speak low</i>	<i>marcher vite</i> , <i>to walk quickly</i>
<i>parler haut</i> , <i>to speak loud</i>	<i>chanter faux</i> , <i>to sing out of tune</i>

## TABLE OF NUMERALS.

## CARDINALS AND ORDINALS.

§ 229. The cardinals and ordinals are given in the following tables :—

	CARDINALS.	ORDINALS.
1	un (masc.), une (fem.)	premier (masc.), première (fem.)
2	deux	{ second (masc.), seconde (fem.) deuxième *
3	trois	troisième
4	quatre	quatrième
5	cinq	cinquième
6	six	sixième or sixième †
7	sept	septième
8	huit	huitième
9	neuf	neuvième
10	dix	dixième or dixième
11	onze	onzième
12	douze	douzième
13	treize	treizième
14	quatorze	quatorzième
15	quinze	quinzième
16	seize	seizième
17	dix-sept	dix-septième
18	dix-huit	dix-huitième
19	dix-neuf	dix-neuvième
20	vingt	vingtième
21	vingt et un	vingt et unième
22	vingt-deux	vingt-deuxième
23	vingt-trois	vingt-troisième
24	vingt-quatre	vingt-quatrième
25	vingt-cinq	vingt-cinquième
26	vingt-six	vingt-sixième
27	vingt-sept	vingt-septième
28	vingt-huit	vingt-huitième
29	vingt-neuf	vingt-neuvième

\* Second denotes *second* of two; **deuxième**, *second* among a larger number.

† To be distinguished from **seizième**.



## FRENCH.

## OLD ENGLISH.

30	trente	trentième
31	trente et un	trente et unième
32	trente-deux	trente-deuxième
40	quarante	quarantième
41	quarante et un	quarante et unième
42	quarante-deux	quarante-deuxième
50	cinquante	cinquantième
51	cinquante et un	cinquante et unième
52	cinquante-deux	cinquante-deuxième
60	soixante	soixantième
61	soixante et un	soixante et unième
	soixante-un	soixante-unième
62	soixante-deux	soixante-deuxième
70	soixante-dix	soixante-dixième
71	soixante et onze	soixante et onzième
	soixante-onze	soixante-onzième
72	soixante-douze	soixante-douzième
73	soixante-treize	soixante-treizième
74	soixante-quatorze	soixante-quatorzième
75	soixante-quinze	soixante-quinzième
76	soixante-seize	soixante-seizième
77	soixante-dix-sept	soixante-dix-septième
78	soixante-dix-huit	soixante-dix-huitième
79	soixante-dix-neuf	soixante-dix-neuvième
80	quatre-vingts	quatre-vingtième
81	quatre-vingt-un	quatre-vingt-unième
82	quatre-vingt-deux	quatre-vingt-deuxième
90	quatre-vingt-dix	quatre-vingt-dixième
91	quatre-vingt-onze	quatre-vingt-onzième
92	quatre-vingt-douze	quatre-vingt-douzième
99	quatre-vingt-dix-neuf	quatre-vingt-dix-neuvième
100	cent	centième
101	cent un	cent unième
102	cent deux	cent deuxième
200	deux cents	deux centième
300	trois cents	trois centième
500	cinq cents	cinq centième
580	cinq cent quatre-vingts	cinq cent quatre-vingtième
586	cinq cent quatre-vingt-six	cinq cent quatre-vingt-sixième
1000	mille	milleième
2000	deux mille	deux milleième
10,000	dix mille	dix milleième

## PARADIGMS OF VERBS.

### THE FOUR REGULAR CONJUGATIONS.

§ 230. French verbs are divided into four conjugations according to the endings of the infinitive, which are (1) -er, (2) -ir, (3) -oir, (4) -re.

§ 231. From the five principal parts of a French verb all the other parts may be formed. The principal parts are (1) the present infinitive; (2) the present participle stem, *i.e.* the stem left after cutting off the ending -ant; (3) the past participle; (4) the present indicative (first person singular); (5) the past definite indicative (first person singular).

§ 232. The various parts of a verb are thus formed, with the addition of the suffixes shown in the paradigms.

INDICATIVE.	Formed from	To form the first person add
Present, 2nd and 3rd pers. sing.	present indicative (1st sing.)	
„ plural	present participle stem	-ons
Imperfect	„ „	-ais
Past definite (throughout)	past definite (1st sing.)	
Future	infinitive	-ai
SUBJUNCTIVE.		
Present (except in the 3rd conj.)	present participle stem	-e
Imperfect	past definite (2nd sing.)	-se
CONDITIONAL, present	infinitive	-ais
IMPERATIVE, present (except 3rd person)	present indicative	

NOTE.—In forming the future indicative and present conditional from the infinitive, *oi* must be dropped in the case of verbs of the third conjugation and *e* in the case of verbs of the fourth.

## § 233. FIRST CONJUGATION (INFINITIVE IN -ER).

MODEL: porter, *to carry*.PRINCIPAL PARTS: port-er, port-ant, port-é, je port-e,  
je port-ai.INFINITIVE, PRESENT: port-er, INFINITIVE, PERFECT: avoir  
*to carry* porté, *to have carried*PARTICIPLE, PRESENT: port-ant, PARTICIPLE, PERFECT: ayant  
*carrying* porté, *having carried*PARTICIPLE, PAST (PASSIVE): port-é, *carried*

## INDICATIVE MOOD.

## PRESENT.

je port-e,	<i>I carry</i>
tu port-es,	<i>thou carriest</i>
il port-e,	<i>he carries</i>
nous port-ons,	<i>we carry</i>
vous port-ez,	<i>you carry</i>
ils port-ent,	<i>they carry</i>

## IMPERFECT.

je port-ais,	<i>I was</i>
tu port-ais,	<i>thou wast</i>
il port-ait,	<i>he was</i>
nous port-ions,	<i>we were</i>
vous port-iez,	<i>you were</i>
ils port-aient,	<i>they were</i>

## PAST INDEFINITE.

je port-ai,	<i>I carried</i>
tu port-as,	<i>thou carriest</i>
il port-a,	<i>he carried</i>
nous port-âmes,	<i>we carried</i>
vous port-âtes,	<i>you carried</i>
ils port-èrent,	<i>they carried</i>

## FUTURE.

je port-er-ai,	<i>I shall carry</i>
tu port-er-as,	<i>thou wilt carry</i>
il port-er-a,	<i>he will carry</i>
nous port-er-ons,	<i>we shall carry</i>
vous port-er-ez,	<i>you will carry</i>
ils port-er-ont,	<i>they will carry</i>

## PAST INDEFINITE.

j'ai porté,	<i>I have</i>
tu as porté,	<i>thou hast</i>
il a porté,	<i>he has</i>
nous avons porté,	<i>we have</i>
vous avez porté,	<i>you have</i>
ils ont porté,	<i>they have</i>

carried

## PLUPERFECT.

j'avais porté,	<i>I had</i>
tu avais porté,	<i>thou hadst</i>
il avait porté,	<i>he had</i>
nous avions porté,	<i>we had</i>
vous aviez porté,	<i>you had</i>
ils avaient porté,	<i>they had</i>

carried

## PAST ANTERIOR.

j'eus porté,	<i>I had</i>
tu eus porté,	<i>thou hadst</i>
il eut porté,	<i>he had</i>
nous eûmes porté,	<i>we had</i>
vous eûtes porté,	<i>you had</i>
ils eurent porté,	<i>they had</i>

carried

## FUTURE PERFECT.

j'aurai porté,	<i>I shall</i>
tu auras porté,	<i>thou wilt</i>
il aura porté,	<i>he will</i>
nous aurons porté,	<i>we shall</i>
vous aurez porté,	<i>you will</i>
ils auront porté,	<i>they will</i>

have carried

## SUBJUNCTIVE MOOD.

PRESENT.		PAST INDEFINITE.	
je port-e,	<i>I may</i>	j'aie porté,	<i>I may</i>
tu port-es,	<i>thou mayst</i>	tu aies porté,	<i>thou mayst</i>
il port-e,	<i>he may</i>	il ait porté,	<i>he may</i>
nous port-ions,	<i>we may</i>	nous ayons porté,	<i>we may</i>
vous port-iez,	<i>you may</i>	vous ayez porté,	<i>you may</i>
ils port-ent,	<i>they may</i>	ils aient porté,	<i>they may</i>
IMPERFECT.		PLUPERFECT.	
je port-asse,	<i>I might</i>	j'eusse porté,	<i>I might</i>
tu port-asses,	<i>thou</i>	tu eusses porté,	<i>thou</i>
	<i>mightest</i>		<i>mightest</i>
il port-ât,	<i>he might</i>	il eût porté,	<i>he might</i>
nous port-ussions,	<i>we might</i>	nous eussions porté,	<i>we might</i>
vous port-ussiez,	<i>you might</i>	vous eussiez porté,	<i>you might</i>
ils port-assent,	<i>they might</i>	ils eussent porté,	<i>they might</i>

## CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.		PERFECT.	
je port-er-ais,	<i>I should</i>	j'aurais porté,	<i>I should</i>
tu port-er-ais,	<i>thou</i>	tu aurais porté,	<i>thou</i>
	<i>wouldst</i>		<i>wouldst</i>
il port-er-ait,	<i>he would</i>	il aurait porté,	<i>he would</i>
nous port-er-ions,	<i>we should</i>	nous aurions porté,	<i>we should</i>
vous port-er-iez,	<i>you would</i>	vous auriez porté,	<i>you would</i>
ils port-er-aient,	<i>they would</i>	ils auraient porté,	<i>they would</i>

## IMPERATIVE MOOD.

## PRESENT.

port-e,	<i>carry</i>
(qu'il port-e),	<i>let him carry</i>
port-ons,	<i>let us carry</i>
port-ez,	<i>carry</i>
(qu'ils port-ent),	<i>let them carry</i>

NOTE 1.—This conjugation, which corresponds to the Latin first conjugation (infinitive in *-are*), comprises at least seven-eighths of the verbs in the language. Verbs of modern formation, with very few exceptions, fall into this class; e.g. *macadamiser*, to *macadamize*, *boycotter*, to *boycott*, *pédaler*, to *cycle*, *dérailer*, to *run off the rails*, *télégraphier*, to *telegraph*, etc.

NOTE 2.—There are only two irregular verbs in *-er* (*aller* and *envoyer*, §§ 250, 251).

## § 234. SECOND CONJUGATION (INFINITIVE IN -IR).

MOODS: *finir*, to finish

PRINCIPAL PARTS: *fin-ir, fin-iss-ant, fin i, je fin is, je fin-is.*

INFINITIVE, PRESENT: *fin ir,*  
*to finish*

INFINITIVE, PERFECT: *avoir*  
*fini, to have finished*

PARTICIPLE, PRESENT: *fin iss*  
*ant, finishing*

PARTICIPLE, PERFECT: *ayant*  
*fini, having finished*

PARTICIPLE, PAST (PASSIVE): *fini, finished*

### INDICATIVE MOOD.

#### PRESENT.

<i>je fin is,</i>	<i>I finish</i>
<i>tu fin is,</i>	<i>thou finishest</i>
<i>il fin it,</i>	<i>he finishes</i>
<i>nous fin iss ons,</i>	<i>we finish</i>
<i>vous fin iss ez,</i>	<i>you finish</i>
<i>ils fin iss ent,</i>	<i>they finish</i>

<i>j'ai fini,</i>	<i>I have</i>	} <i>FINIR.</i>
<i>tu as fini,</i>	<i>thou hast</i>	
<i>il a fini,</i>	<i>he has</i>	
<i>nous avons fini,</i>	<i>we have</i>	
<i>vous avez fini,</i>	<i>you have</i>	
<i>ils ont fini,</i>	<i>they have</i>	

#### IMPERFECT.

<i>je fin iss ais,</i>	<i>I was</i>	} <i>FINISSE.</i>
<i>tu fin iss ais,</i>	<i>thou wast</i>	
<i>il fin iss ait,</i>	<i>he was</i>	
<i>nous fin iss ions,</i>	<i>we were</i>	
<i>vous fin iss iez,</i>	<i>you were</i>	
<i>ils fin iss aient,</i>	<i>they were</i>	

<i>j'avais fini,</i>	<i>I had</i>	} <i>FINISSE.</i>
<i>tu avais fini,</i>	<i>thou hadst</i>	
<i>il avait fini,</i>	<i>he had</i>	
<i>nous avions fini,</i>	<i>we had</i>	
<i>vous aviez fini,</i>	<i>you had</i>	
<i>ils avaient fini,</i>	<i>they had</i>	

#### PAST DEFINITE.

<i>je fin is,</i>	<i>I finished</i>
<i>tu fin is,</i>	<i>thou finishedst</i>
<i>il fin it,</i>	<i>he finished</i>
<i>nous fin imes,</i>	<i>we finished</i>
<i>vous fin ites,</i>	<i>you finished</i>
<i>ils fin irent,</i>	<i>they finished</i>

<i>j'eus fini,</i>	<i>I had</i>	} <i>FINISSE.</i>
<i>tu eus fini,</i>	<i>thou hadst</i>	
<i>il eut fini,</i>	<i>he had</i>	
<i>nous eumes fini,</i>	<i>we had</i>	
<i>vous eutes fini,</i>	<i>you had</i>	
<i>ils eurent fini,</i>	<i>they had</i>	

#### FUTURE.

<i>je fin ir ai,</i>	<i>I shall finish</i>
<i>tu fin ir as,</i>	<i>thou wilt finish</i>
<i>il fin ir a,</i>	<i>he will finish</i>
<i>nous fin ir ons,</i>	<i>we shall finish</i>
<i>vous fin ir ez,</i>	<i>you will finish</i>
<i>ils fin ir ont,</i>	<i>they will finish</i>

<i>j'aurai fini,</i>	<i>I shall</i>	} <i>FINIR.</i>
<i>tu auras fini,</i>	<i>thou wilt</i>	
<i>il aura fini,</i>	<i>he will</i>	
<i>nous aurons fini,</i>	<i>we shall</i>	
<i>vous aurez fini,</i>	<i>you will</i>	
<i>ils auront fini,</i>	<i>they will</i>	

## SUBJUNCTIVE MOOD.

PRESENT.			PAST INDEFINITE.		
je fin-iss-e,	<i>I may</i>		j'aie fini,	<i>I may</i>	
tu fin-iss-es,	<i>thou mayst</i>	} finish	tu aies fini,	<i>thou mayst</i>	} have finished
il fin-iss-e,	<i>he may</i>		il ait fini,	<i>he may</i>	
nous fin-iss-ions,	<i>we may</i>		nous ayons fini,	<i>we may</i>	
vous fin-iss-iez,	<i>you may</i>	} finish	vous ayez fini,	<i>you may</i>	} have finished
ils fin-iss-ent,	<i>they may</i>		ils aient fini,	<i>they may</i>	
IMPERFECT.			PLUPERFECT.		
je fin-isse,	<i>I might</i>		j'eusse fini,	<i>I might</i>	
tu fin-isses,	<i>thou mightest</i>	} finish	tu eusses fini,	<i>thou mightest</i>	} have finished
il fin-it,	<i>he might</i>		il eût fini,	<i>he might</i>	
nous fin-issions,	<i>we might</i>		nous eussions fini,	<i>we might</i>	
vous fin-issiez,	<i>you might</i>	} finish	vous eussiez fini,	<i>you might</i>	} have finished
ils fin-issent,	<i>they might</i>		ils eussent fini,	<i>they might</i>	

## CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.			PERFECT.		
je fin-ir-ais,	<i>I should</i>		j'aurais fini,	<i>I should</i>	
tu fin-ir-ais,	<i>thou wouldst</i>	} finish	tu aurais fini,	<i>thou wouldst</i>	} have finished
il fin-ir-ait,	<i>he would</i>		il aurait fini,	<i>he would</i>	
nous fin-ir-ions,	<i>we should</i>		nous aurions fini,	<i>we should</i>	
vous fin-ir-iez,	<i>you would</i>	} finish	vous auriez fini,	<i>you would</i>	} have finished
ils fin-ir-aient,	<i>they would</i>		ils auraient fini,	<i>they would</i>	

## IMPERATIVE MOOD.

## PRESENT.

fin-is,	<i>finish</i>
(qu'il fin-iss-e),	<i>let him finish</i>
fin-iss-ons,	<i>let us finish</i>
fin-iss-ez,	<i>finish</i>
(qu'ils fin-iss-ent),	<i>let them finish</i>

NOTE 1.—This conjugation, which corresponds to the Latin fourth conjugation (infinitive in *-ire*), comprises about 330 verbs, the majority of which follow the above model. The remainder, about thirty in number, lack the syllable *-iss-* (§§ 252-269).

NOTE 2.—*Hair*, to hate, has no diaeresis in the singular of the present indicative and imperative: *je hais*, *tu hais*, *il hait*; *hais*.

### § 235. THIRD CONJUGATION (INFINITIVE IN -OIR).

MODEL: recevoir, *to receive*

PRINCIPAL PARTS: recev-oir, recev-ant, reç-u, je recoi-s, je reç-us.

INFINITIVE, PRESENT: recev-oir  
*to receive*

INFINITIVE, PERFECT: avoir  
reçu, *to have received*

PARTICIPLE, PRESENT: recev-  
ant, *receiving*

PARTICIPLE, PERFECT: ayant  
reçu, *having received*

PARTICIPLE, PAST PASSIVE: reç-u, *received*

#### INDICATIVE MOOD.

##### PRESENT.

je recoi-s,	<i>I receive</i>
tu recoi-s,	<i>thou receivest</i>
il recoi-t,	<i>he receives</i>
nous recev-ons,	<i>we receive</i>
vous recev-ez,	<i>you receive</i>
ils reçoi-v-ent,	<i>they receive</i>

##### PAST INDICATIVE.

j'ai reçu,	<i>I have</i>
tu as reçu,	<i>thou hast</i>
il a reçu,	<i>he has</i>
nous avons reçu,	<i>we have</i>
vous avez reçu,	<i>you have</i>
ils ont reçu,	<i>they have</i>

##### IMPERFECT.

je recev-ais,	<i>I was</i>
tu recev-ais,	<i>thou wast</i>
il recev-ait,	<i>he was</i>
nous recev-ions,	<i>we were</i>
vous recev-iez,	<i>you were</i>
ils recevaient,	<i>they were</i>

##### PLUPERFECT.

j'avais reçu,	<i>I had</i>
tu avais reçu,	<i>thou hadst</i>
il avait reçu,	<i>he had</i>
nous avions reçu,	<i>we had</i>
vous aviez reçu,	<i>you had</i>
ils avaient reçu,	<i>they had</i>

##### PAST DEFECTIVE.

je reç-us,	<i>I received</i>
tu reç-us,	<i>thou receivest</i>
il reç-ut,	<i>he received</i>
nous reç-ûmes,	<i>we received</i>
vous reç-ûtes,	<i>you received</i>
ils reç-urent,	<i>they received</i>

##### PAST ANTERIOR.

j'eus reçu,	<i>I had</i>
tu eus reçu,	<i>thou hadst</i>
il eut reçu,	<i>he had</i>
nous eûmes reçu,	<i>we had</i>
vous eûtes reçu,	<i>you had</i>
ils eurent reçu,	<i>they had</i>

##### FUTURE.

je recev-r-ai,	<i>I shall</i>
tu recev-r-as,	<i>thou wilt</i>
il recev-r-a,	<i>he will</i>
nous recev-r-ons,	<i>we will</i>
vous recev-r-ez,	<i>you will</i>
ils recev-r-ont,	<i>they will</i>

##### FUTURE PERFECT.

j'aurai reçu,	<i>I shall</i>
tu auras reçu,	<i>thou shalt</i>
il aura reçu,	<i>he will</i>
nous aurons reçu,	<i>we shall</i>
vous aurez reçu,	<i>you shall</i>
ils auront reçu,	<i>they shall</i>

## SUBJUNCTIVE MOOD.

## PRESENT.

je reçoiv-e,	<i>I may</i>	} <i>receive</i>
tu reçoiv-es,	<i>thou mayst</i>	
il reçoiv-e,	<i>he may</i>	
nous recev-ions,	<i>we may</i>	
vous recev-iez,	<i>you may</i>	} <i>receive</i>
ils reçoiv-ent,	<i>they may</i>	

## PAST INDEFINITE.

j'aie reçu,	<i>I may</i>	} <i>have received</i>
tu aies reçu,	<i>thou mayst</i>	
il ait reçu,	<i>he may</i>	
nous ayons reçu,	<i>we may</i>	
vous ayez reçu,	<i>you may</i>	} <i>have received</i>
ils aient reçu,	<i>they may</i>	

## IMPERFECT.

je reç usse,	<i>I might</i>	} <i>receive</i>
tu reç usses,	<i>thou</i>	
	<i>mightest</i>	
il reçût,	<i>he might</i>	
nous reç ussions,	<i>we might</i>	} <i>receive</i>
vous reç ussiez,	<i>you might</i>	
ils reç ussent,	<i>they might</i>	

## PLUPERFECT.

j'eusse reçu,	<i>I might</i>	} <i>have received</i>
tu eusses reçu,	<i>thou</i>	
	<i>mightst</i>	
il eût reçu,	<i>he might</i>	
nous eussions reçu,	<i>we might</i>	} <i>have received</i>
vous eussiez reçu,	<i>you might</i>	
ils eussent reçu,	<i>they might</i>	

## CONDITIONAL MOOD.

## PRESENT.

je recev-r ais,	<i>I should</i>	} <i>receive</i>
tu recev-r ais,	<i>thou</i>	
	<i>wouldst</i>	
il recev-r ait,	<i>he would</i>	
nous recev-r ions,	<i>we should</i>	} <i>receive</i>
vous recev-r iez,	<i>you would</i>	
ils recev-r aient,	<i>they would</i>	

## PERFECT.

j'aurais reçu,	<i>I should</i>	} <i>have received</i>
tu aurais reçu,	<i>thou</i>	
	<i>wouldst</i>	
il aurait reçu,	<i>he would</i>	
nous aurions reçu,	<i>we should</i>	} <i>have received</i>
vous auriez reçu,	<i>you would</i>	
ils auraient reçu,	<i>they would</i>	

## IMPERATIVE MOOD.

## PRESENT.

reçois,	<i>receive</i>
(qu'il reçoiv-e),	<i>let him receive</i>
recev-ons,	<i>let us receive</i>
recev-es,	<i>receive</i>
(qu'ils reçoiv-ent),	<i>let them receive</i>

NOTE 1.—This conjugation, which corresponds to the Latin second conjugation (infinitive in *-ēre*), comprises about twenty verbs, all of which are more or less irregular (§§ 270-281). Like *recevoir* are conjugated about half a dozen other verbs in *-cev-oir*.

NOTE 2.—The cedilla is used in *recevoir* and other verbs ending in *-cev-oir* whenever the *c* is followed by *o* or *u*; by this means the soft sound of the *c* is preserved.



# § 236. FOURTH CONJUGATION (INFINITIVE IN -RE).

MODEL. rompre, *to break*.

PRINCIPAL PARTS: rompre, romp-ant, rompu, je romps, je rompsis.

INFINITIVE, PRESENT: rompre,  
*to break*

INFINITIVE, PERFECT: avoir rompu,  
*to have broken*

PARTICIPLE, PRESENT: romp-ant,  
*breaking*

PARTICIPLE, PERFECT: ayant rompu,  
*having broken*

PARTICIPLE, PAST (PASSIVE): rompu, *broken*

## INDICATIVE MOOD

### PRESENT

je romps, *I break*  
tu romps, *thou breakest*  
il rompt, *he breaks*  
nous rompons, *we break*  
vous rompez, *you break*  
ils rompent, *they break*

### PAST INDICATIVE

j'ai rompu, *I have*  
tu as rompu, *thou hast*  
il a rompu, *he has*  
nous avons rompu, *we have*  
vous avez rompu, *you have*  
ils ont rompu, *they have*

### IMPERFECT

je rompais, *I was*  
tu rompais, *thou wast*  
il rompait, *he was*  
nous rompions, *we were*  
vous rompiez, *you were*  
ils rompaient, *they were*

### PAST IMPERFECT

j'avais rompu, *I had*  
tu avais rompu, *thou hadst*  
il avait rompu, *he had*  
nous avions rompu, *we had*  
vous aviez rompu, *you had*  
ils avaient rompu, *they had*

### PAST DEFINITE

je rompis, *I broke*  
tu rompis, *thou brokest*  
il rompit, *he broke*  
nous rompîmes, *we broke*  
vous rompîtes, *you broke*  
ils rompirent, *they broke*

### PAST ANTERIOR

j'eus rompu, *I had*  
tu eus rompu, *thou hadst*  
il eut rompu, *he had*  
nous eûmes rompu, *we had*  
vous eûtes rompu, *you had*  
ils eurent rompu, *they had*

### FUTURE

je romprai, *I shall break*  
tu rompras, *thou wilt break*  
il rompra, *he will break*  
nous romprons, *we shall break*  
vous romprez, *you will break*  
ils rompront, *they will break*

### FUTURE PERFECT

j'aurai rompu, *I shall*  
tu auras rompu, *thou wilt*  
il aura rompu, *he will*  
nous aurons rompu, *we shall*  
vous aurez rompu, *you will*  
ils auront rompu, *they will*

## SUBJUNCTIVE MOOD.

PRESENT.		PAST INDEFINITE.	
je rom-p-e,	<i>I may</i>	j'aie rompu,	<i>I may</i>
tu rom-p-es,	<i>thou mayst</i>	tu aies rompu,	<i>thou mayst</i>
il rom-p-e,	<i>he may</i>	il ait rompu,	<i>he may</i>
nous rom-p-ions,	<i>we may</i>	nous ayons rompu,	<i>we may</i>
vous rom-p-iez,	<i>you may</i>	vous ayez rompu,	<i>you may</i>
ils rom-p-ent,	<i>they may</i>	ils aient rompu,	<i>they may</i>
IMPERFECT.		PLUPERFECT.	
je rom-p-is-se,	<i>I might</i>	j'eusse rompu,	<i>I might</i>
tu rom-p-is-ses,	<i>thou</i>	tu eusses rompu,	<i>thou</i>
	<i>mightest</i>		<i>mightest</i>
il rom-p-ft,	<i>he might</i>	il eût rompu,	<i>he might</i>
nous rom-p-issions,	<i>we might</i>	nous eussions	
vous rom-p-issiez,	<i>you might</i>	rompu,	<i>we might</i>
ils rom-p-issent,	<i>they might</i>	vous eussiez rompu,	<i>you might</i>
		ils eussent rompu,	<i>they might</i>

## CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.		PERFECT.	
je rom-p-r-ais,	<i>I should</i>	j'aurais rompu,	<i>I should</i>
tu rom-p-r-ais,	<i>thou</i>	tu aurais rompu,	<i>thou</i>
	<i>wouldst</i>		<i>wouldst</i>
il rom-p-r-ait,	<i>he would</i>	il aurait rompu,	<i>he would</i>
nous rom-p-r-ions,	<i>we should</i>	nous aurions rompu,	<i>we should</i>
vous rom-p-r-iez,	<i>you would</i>	vous auriez rompu,	<i>you would</i>
ils rom-p-r-aient,	<i>they would</i>	ils auraient rompu,	<i>they would</i>

## IMPERATIVE MOOD.

## PRESENT.

rom-p-s,	<i>break</i>
(qu'il rom-p-e),	<i>let him break</i>
rom-p-ons,	<i>let us break</i>
rom-p-ez,	<i>break</i>
(qu'ils rom-p-ent),	<i>let them break</i>

NOTE 1.—This conjugation, which corresponds to the Latin third conjugation (infinitive in *-ĕre*), comprises fifty verbs, of which about half follow the model above, the rest being irregular (§§ 282-317).

NOTE 2.—Verbs of which the stem ends in *-d* drop the *-t* in the third person singular of the present indicative; e.g. *il perd, he loses*, from *perd-re, to lose*; *il vend, he sells*, from *vend-re, to sell*.

## § 237. NEGATIVE CONJUGATION.

Model. ne pas obéir, *not to obey*

INFINITIVE, PRESENT	ne pas	INFINITIVE, PRESENT	n'avoir
obéir, <i>not to obey</i>		pas obéir,	<i>obeyed</i>
PARTICIPLE, PRESENT	n'obéis	PARTICIPLE, PRESENT	n'ayant
sant pas, <i>not going</i>		pas obéi, <i>not having obeyed</i>	

## INDICATIVE MOOD.

PRESENT.  
(*I do not obey.*)

je n'obéis pas  
tu n'obéis pas  
il n'obéit pas  
nous n'obéissons pas  
vous n'obéissez pas  
ils n'obéissent pas

IMPERFECT.  
(*I was not obeying.*)

je n'obéissais pas  
tu n'obéissais pas  
il n'obéissait pas  
nous n'obéissions pas  
vous n'obéissiez pas  
ils n'obéissaient pas

PAST DEFINITE.  
(*I did not obey.*)

je n'obéis pas  
tu n'obéis pas  
il n'obéit pas  
nous n'obéîmes pas  
vous n'obéîtes pas  
ils n'obéirent pas

FUTURE.  
(*I shall not obey.*)

je n'obéirai pas  
tu n'obéiras pas  
il n'obéira pas  
nous n'obéirons pas  
vous n'obéirez pas  
ils n'obéiront pas

FUT. INDEFINITE.  
(*I have not obeyed.*)

je n'ai pas obéi  
tu n'as pas obéi  
il n'a pas obéi  
nous n'avons pas obéi  
vous n'avez pas obéi  
ils n'ont pas obéi

PRESENT PROGRESSIVE.  
(*I have not obeyed.*)

je n'avais pas obéi  
tu n'avais pas obéi  
il n'avait pas obéi  
nous n'avions pas obéi  
vous n'aviez pas obéi  
ils n'avaient pas obéi

PAST ANTERIOR.  
(*I had not obeyed.*)

je n'eus pas obéi  
tu n'eus pas obéi  
il n'eut pas obéi  
nous n'eûmes pas obéi  
vous n'eûtes pas obéi  
ils n'eurent pas obéi

FUT. PERF. PROGRESSIVE.  
(*I shall not have obeyed.*)

je n'aurai pas obéi  
tu n'auras pas obéi  
il n'aura pas obéi  
nous n'aurons pas obéi  
vous n'aurez pas obéi  
ils n'auront pas obéi

## SUBJUNCTIVE MOOD.

## PRESENT.

*(I may not obey.)*

je n'obéis**se pas**  
 tu n'obéi**sses pas**  
 il n'obéi**ssse pas**  
 nous n'obéi**ssions pas**  
 vous n'obéi**ssiez pas**  
 ils n'obéi**ssent pas**

## PAST INDEFINITE.

*(I may not have obeyed.)*

je n'aie **pas obéi**  
 tu n'aies **pas obéi**  
 il n'ait **pas obéi**  
 nous n'ayons **pas obéi**  
 vous n'ayez **pas obéi**  
 ils n'aient **pas obéi**

## IMPERFECT.

*(I might not obey.)*

je n'obéi**sse pas**  
 tu n'obéi**sses pas**  
 il n'obéi**t pas**  
 nous n'obéi**ssions pas**  
 vous n'obéi**ssiez pas**  
 ils n'obéi**ssent pas**

## PLUPERFECT.

*(I might not have obeyed.)*

tu n'euss**es pas obéi**  
 il n'eût **pas obéi**  
 nous n'euss**ions pas obéi**  
 vous n'eussiez **pas obéi**  
 ils n'eussent **pas obéi**

## CONDITIONAL MOOD.

## PRESENT.

*(I should not obey.)*

je n'obéi**rais pas**  
 tu n'obéi**rais pas**  
 il n'obéi**rait pas**  
 nous n'obéi**riions pas**  
 vous n'obéi**riez pas**  
 ils n'obéi**raient pas**

## PERFECT.

*(I should not have obeyed.)*

je n'aurai**is pas obéi**  
 tu n'aurai**is pas obéi**  
 il n'aurai**t pas obéi**  
 nous n'auri**ions pas obéi**  
 vous n'auri**ez pas obéi**  
 ils n'aurai**ent pas obéi**

## IMPERATIVE MOOD.

## PRESENT.

n'obéis **pas**, *obey not*  
 (qu'il n'obéi**ssse pas**), *let him not obey*  
 n'obéi**ssons pas**, *let us not obey*  
 n'obéi**sssez pas**, *do not obey*  
 (qu'ils n'obéi**ssent pas**), *let them not obey*

## § 238. INTERROGATIVE CONJUGATION.

Model: chanter, *to sing*.

## INDICATIVE MOOD.

## PRESENT.

chanté-je ? *do I sing ?*  
 chantes-tu ? *singest thou ?*  
 chante-t-il ? *does he sing ?*  
 chantons-nous ? *do we sing ?*  
 chantez-vous ? *do you sing ?*  
 chantent-ils ? *do they sing ?*

IMPERFECT. (*Was I singing ?*)

chantais-je ?  
 chantais-tu ?  
 chantait-il ?  
 chantions-nous ?  
 chantiez-vous ?  
 chantaient-ils ?

## PAST DEFINITE.

(*Did I sing ?*)

chantai-je ?  
 chantas-tu ?  
 chanta-t-il ?  
 chantâmes-nous ?  
 chantâtes-vous ?  
 chantèrent-ils ?

## FUTURE.

(*Shall I sing ?*)

chanterai-je ?  
 chanteras-tu ?  
 chantera-t-il ?  
 chanterons-nous ?  
 chanterez-vous ?  
 chanteront-ils ?

## PAST INDEFINITE.

ai-je chanté ? *have I sung ?*  
 as-tu chanté ? *hast thou sung ?*  
 a-t-il chanté ? *has he sung ?*  
 avons-nous chanté ? *have we sung ?*  
 avez-vous chanté ? *have you sung ?*  
 ont-ils chanté ? *have they sung ?*

PLUPERFECT. (*Had I sung ?*)

avais-je chanté ?  
 avais-tu chanté ?  
 avait-il chanté ?  
 avions-nous chanté ?  
 aviez-vous chanté ?  
 avaient-ils chanté ?

## PAST ANTERIOR

(*Had I sung ?*)

eus-je chanté ?  
 eus-tu chanté ?  
 eut-il chanté ?  
 eûmes-nous chanté ?  
 eûtes-vous chanté ?  
 eurent-ils chanté ?

## FUTURE PERFECT.

(*Shall I have sung ?*)

aurai-je chanté ?  
 auras-tu chanté ?  
 aura-t-il chanté ?  
 aurons-nous chanté ?  
 aurez-vous chanté ?  
 auront-ils chanté ?

## CONDITIONAL MOOD.

## PRESENT.

(*Should I sing ?*)

chanterais-je ?  
 chanterais-tu ?  
 chanterait-il ?  
 chanterions-nous ?  
 chanteriez-vous ?  
 chanteraient-ils ?

## PAST.

(*Should I have sung ?*)

aurais-je chanté ?  
 aurais-tu chanté ?  
 aurait-il chanté ?  
 aurions-nous chanté ?  
 auriez-vous chanté ?  
 auraient-ils chanté ?

\* Rarely used (§ 50).

† See § 51 (3).

# § 239. NEGATIVE-INTERROGATIVE CONJUGATION.

MODEL: *agir, to act.*  
INDICATIVE MOOD.

PRESENT.

(*Do I not act?*)

\*n'agis-je pas ?  
n'agis-tu pas ?  
n'agit-il pas ?  
n'agissons-nous pas ?  
n'agissez-vous pas ?  
n'agissent-ils pas ?

IMPERFECT. (*Was I not acting?*)

n'agissais-je pas ?  
n'agissais-tu pas ?  
n'agissait-il pas ?  
n'agissions-nous pas ?  
n'agissiez-vous pas ?  
n'agissaient-ils pas ?

PAST DEFINITE.

(*Did I not act?*)

n'agis-je pas ?  
n'agis-tu pas ?  
n'agit-il pas ?  
n'agîmes-nous pas ?  
n'agîtes-vous pas ?  
n'agirent-ils pas ?

FUTURE.

(*Shall I not act?*)

n'agirai-je pas ?  
n'agiras-tu pas ?  
n'agira-t-il pas ?  
n'agirons-nous pas ?  
n'agirez-vous pas ?  
n'agiront-ils pas ?

PAST INDEFINITE.

(*Have I not acted?*)

\*n'ai-je pas agi ?  
n'as-tu pas agi ?  
n'a-t-il pas agi ?  
n'avons-nous pas agi ?  
n'avez-vous pas agi ?  
n'ont-ils pas agi ?

PLUPERFECT. (*Had I not acted?*)

n'avais-je pas agi ?  
n'avais-tu pas agi ?  
n'avait-il pas agi ?  
n'avions-nous pas agi ?  
n'aviez-vous pas agi ?  
n'avaient-ils pas agi ?

PAST ANTERIOR.

(*Had I not acted?*)

n'eus-je pas agi ?  
n'eus-tu pas agi ?  
n'eut-il pas agi ?  
n'eûmes-nous pas agi ?  
n'eûtes-vous pas agi ?  
n'eurent-ils pas agi ?

FUTURE PERFECT.

(*Shall I not have acted?*)

n'aurai-je pas agi ?  
n'auras-tu pas agi ?  
n'aura-t-il pas agi ?  
n'aurons-nous pas agi ?  
n'aurez-vous pas agi ?  
n'auront-ils pas agi ?

CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.

(*Should I not act?*)

n'agirais-je pas ?  
n'agirais-tu pas ?  
n'agirait-il pas ?  
n'agirions-nous pas ?  
n'agiriez-vous pas ?  
n'agiraient-ils pas ?

PERFECT.

(*Should I not have acted?*)

n'aurais-je pas agi ?  
n'aurais-tu pas agi ?  
n'aurait-il pas agi ?  
n'aurions-nous pas agi ?  
n'auriez-vous pas agi ?  
n'auraient-ils pas agi ?

## 240. CONJUGATION OF THE PASSIVE VOICE.

Mode I. être aimé, *to be loved*

Indicatif. Présent aimé,* <i>loved</i>	être	Impératif. Présent été aimé,* <i>to be loved</i>	avoir
Participe. Présent aimé.	étant	Participe. Passé été aimé.* <i>loved</i>	ayant

### INDICATIVE MODE

Présent

(I. *to be loved*.)

je suis aimé, *amée*  
tu es aimé, *amée*  
il est aimé, *elle est aimée*  
nous sommes aimés, *amées*  
vous êtes aimés, *aimées*  
ils sont aimés  
elles sont aimées

Impératif. Présent

je fus aimé, *amée*  
tu fus aimé, *amée*  
il fut aimé, *elle fut aimée*  
nous étions aimés, *amées*  
vous étiez aimés, *aimées*  
ils étaient aimés  
elles étaient aimées

Passé Imparfait

(I. *to be loved*.)

je fus aimé, *amée*  
tu fus aimé, *amée*  
il fut aimé, *elle fut aimée*  
nous fûmes aimés, *amées*  
vous fûtes aimés, *aimées*  
ils furent aimés  
elles furent aimées

Futur

(I. *to be loved*.)

je serai aimé, *amée*  
tu seras aimé, *amée*  
il sera aimé, *elle sera aimée*  
nous serons aimés, *amées*  
vous serez aimés, *aimées*  
ils seront aimés  
elles seront aimées

Passé Historique

(I. *to be loved*.)

je ai été aimé, *amée*  
tu as été aimé, *amée*  
il a été aimé, *elle a été aimée*  
nous avons été aimés, *amées*  
vous avez été aimés, *aimées*  
ils ont été aimés  
elles ont été aimées

Présent Historique (I. *to be loved*.)

je avais été aimé, *amée*  
tu avais été aimé, *amée*  
il avait été aimé, *elle avait été aimée*  
nous avions été aimés, *amées*

tu avais été aimée  
vous aviez été aimés, *aimées*  
ils avaient été aimés  
elles avaient été aimées

Passé Antérieur

(I. *to be loved*.)

j'eus été aimé, *amée*  
tu eus été aimé, *amée*  
il eut été aimé, *elle eut été aimée*  
nous eûmes été aimés, *amées*  
vous eûtes été aimés, *aimées*  
ils eurent été aimés  
elles eurent été aimées

Futur Antérieur

(I. *to be loved*.)

j'aurai été aimé, *amée*  
tu auras été aimé, *amée*  
il aura été aimé, *elle aura été aimée*  
nous aurons été aimés, *amées*  
vous aurez été aimés, *aimées*  
ils auront été aimés  
elles auront été aimées

\* Aimé, *loved*; aimé, *loved*; aimée, *loved*; aimés, *loved*.

## SUBJUNCTIVE MOOD.

## PRESENT.

*(I may be loved.)*

je sois } aimé or  
 tu sois } aimée  
 il soit aimé, elle soit aimée  
 nous soyons } aimés or  
 vous soyez } aimées  
 ils soient aimés  
 elles soient aimées

## IMPERFECT.

*(I might be loved.)*

je fusse } aimé or  
 tu fusses } aimée  
 il fût aimé, elle fût aimée  
 nous fussions } aimés or  
 vous fussiez } aimées  
 ils fussent aimés  
 elles fussent aimées

## PAST INDEFINITE.

*(I may have been loved.)*

j'aie été } aimé or  
 tu aies été } aimée  
 il ait été aimé, elle ait été aimée  
 nous ayons été } aimés or  
 vous ayez été } aimées  
 ils aient été aimés  
 elles aient été aimées

## PLUPERFECT.

*(I might have been loved.)*

j'eusse été } aimé or  
 tu eusses été } aimée  
 il eût été aimé, elle eût été aimée  
 nous eussions été } aimés or  
 vous eussiez été } aimées  
 ils eussent été aimés  
 elles eussent été aimées

## CONDITIONAL MOOD.

## PRESENT.

*(I should be loved.)*

je serais } aimé or  
 tu serais } aimée  
 il serait aimé  
 elle serait aimée  
 nous serions } aimés or  
 vous seriez } aimées  
 ils seraient aimés  
 elles seraient aimées

## PERFECT.

*(I should have been loved.)*

j'aurais été } aimé or  
 tu aurais été } aimée  
 il aurait été aimé  
 elle aurait été aimée  
 nous aurions été } aimés or  
 vous auriez été } aimées  
 ils auraient été aimés  
 elles auraient été aimées

## IMPERATIVE MOOD.—PRESENT.

sois aimé or aimée,	be loved
(qu'il soit aimé),	let him be loved
(qu'elle soit aimée),	let her be loved
soyons aimés or aimées,	let us be loved
soyez aimés or aimées,	be loved
(qu'ils soient aimés),	let them be loved
(qu'elles soient aimées),	

NOTE 1.—The past participle *été* is invariable.

NOTE 2.—When the second person plural is used in addressing one person only, the past participle remains singular but varies for gender; e.g. *vous êtes aimée de tous, madame, you are beloved of all, madam.*



## § 241. CONJUGATION OF A REFLEXIVE VERB.

Model: *se baigner, to bathe*INFINITIVE, PRESENT  
*baigner, to bathe*INFINITIVE, PERFECT *s'être*  
*baigné, to have bathed*PARTICIPLE, PRESENT  
*baignant, bathing*PARTICIPLE, PERFECT *s'étant*  
*baigné, having bathed*

## INDICATIVE MOOD

PRESENT  
(*I bathe.*)je me baigne  
tu te baignes  
il se baigne  
elle se baigne  
nous nous baignons  
vous vous baignez  
ils se baignent  
elles se baignentPAST INDEFINITE  
(*I have bathed.*)je me suis *+* baigné *or*  
tu t'es *+* baignée  
il s'est baigné  
elle s'est baignée  
nous nous sommes *+* baignés *or*  
vous vous êtes *+* baignés  
ils se sont baignés  
elles se sont baignéesIMPERFECT  
(*I was bathing.*)je me baignais  
tu te baignais  
il se baignait  
elle se baignait  
nous nous baignions  
vous vous baigniez  
ils se baignaient  
elles se baignaientPLUPERFECT  
(*I had bathed.*)je m'étais *+* baigné *or*  
tu t'étais *+* baignée  
il s'était baigné  
elle s'était baignée  
nous nous étions *+* baignés  
vous vous étiez *+* baignés  
ils s'étaient baignés  
elles s'étaient baignéesPAST DEFINITE  
(*I bathed.*)je me baignai  
tu te baignas  
il se baigna  
elle se baigna  
nous nous baignâmes  
vous vous baignâtes  
ils se baignèrent  
elles se baignèrentPAST ANTERIOR  
(*I had bathed.*)je me fus *+* baigné *or*  
tu te fus *+* baignée  
il se fut baigné  
elle se fut baignée  
nous nous fûmes *+* baignés  
vous vous fûtes *+* baignés  
ils se furent baignés  
elles se furent baignées\* *Se* may here be replaced by *me, te, nous, or vous, and baigné by baignée, baignés, or baignées, according to the context.*

## FUTURE.

*(I shall bathe.)*

je me baignerai  
tu te baigneras  
il se baignera  
elle se baignera

nous nous baignerons  
vous vous baignerez  
ils se baigneront  
elles se baigneront

## FUTURE PERFECT.

*(I shall have bathed.)*

je me serai } baigné or  
tu te seras } baignée  
il se sera baigné

nous nous serons } baignés or  
vous vous serez } baignées  
ils se seront baignés  
elles se seront baignées

## SUBJUNCTIVE MOOD.

## PRESENT.

*(I may bathe.)*

je me baigne  
tu te baignes  
il se baigne  
elle se baigne

nous nous baignions  
vous vous baigniez  
ils se baignent  
elles se baignent

## PAST INDEFINITE.

*(I may have bathed.)*

je me sois } baigné or  
tu te sois } baignée  
il se soit baigné  
elle se soit baignée

nous nous soyons } baignés or  
vous vous soyez } baignées  
ils se soient baignés  
elles se soient baignées

## IMPERFECT.

*(I might bathe.)*

je me baignasse  
tu te baignasses  
il se baignât  
elle se baignât

nous nous baignassions  
vous vous baignassiez  
ils se baignassent  
elles se baignassent

## PLUPERFECT.

*(I might have bathed.)*

je me fusse } baigné or  
tu te fusses } baignée  
il se fût baigné  
elle se fût baignée

nous nous fussions } baignés or  
vous vous fussiez } baignées  
ils se fussent baignés  
elles se fussent baignées

## CONDITIONAL MOOD.

## PRESENT.

*(I should bathe.)*

je me baignerais  
tu te baignerais  
il se baignerait  
elle se baignerait

nous nous baignerions  
vous vous baigneriez  
ils se baigneraient  
elles se baigneraient

## PERFECT.

*(I should have bathed.)*

je me serais } baigné or  
tu te serais } baignée  
il se serait baigné  
elle se serait baignée

nous nous serions } baignés or  
vous vous seriez } baignées  
ils se seraient baignés  
elles se seraient baignées

## IMPERATIVE MOOD. PRESENT

baigne toi,	<i>bathe</i>	baignons nous,	<i>let us bathe</i>
(qu'il se baigne,	<i>let him bathe</i>	baignez vous,	<i>bathe</i>
		(qu'ils se baignent),	<i>let them bathe</i>

## § 242. NEGATIVE CONJUGATION OF A REFLEXIVE VERB.

Model: ne pas s'emparer, *not to take possession*

INFINITIVE, PRESENT	ne pas s'emparer, <i>not to take possession</i>	INFINITIVE, PRESENT	ne s'être pas emparé, <i>not to have taken possession</i>
---------------------	-------------------------------------------------	---------------------	-----------------------------------------------------------

PARTICIPLE, PRESENT	ne s'emparant pas, <i>not taking possession</i>	PARTICIPLE, PRESENT	ne s'étant pas emparé, <i>not having taken possession</i>
---------------------	-------------------------------------------------	---------------------	-----------------------------------------------------------

## INDICATIVE MOOD.

PRESENT.	PAST INDEFINITE.
( <i>I do not take possession.</i> )	( <i>I have not taken possession.</i> )
je ne m'empare pas, etc.	je ne me suis pas emparé, etc.
IMPERFECT.	PRETERITE.
( <i>I was not taking possession.</i> )	( <i>I had not taken possession.</i> )
je ne m'emparais pas, etc.	je ne m'étais pas emparé, etc.
PAST DEFINITE.	PAST ANTERIOR.
( <i>I did not take possession.</i> )	( <i>I had not taken possession.</i> )
je ne m'emparai pas, etc.	je ne me fus pas emparé, etc.
FUTURE.	FUTURE PERFECT.
( <i>I shall not take possession.</i> )	( <i>I shall not have taken possession.</i> )
je ne m'emparerai pas, etc.	je ne me serai pas emparé, etc.

## SUBJUNCTIVE MOOD.

PRESENT.	PAST INDEFINITE.
( <i>I may not take possession.</i> )	( <i>I may not have taken possession.</i> )
je ne m'empare pas, etc.	je ne me sois pas emparé, etc.
IMPERFECT.	PRETERITE.
( <i>I might not take possession.</i> )	( <i>I might not have taken possession.</i> )
je ne m'emparasse pas, etc.	je ne me fusse pas emparé, etc.

## CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.	PERFECT.
( <i>I should not take possession.</i> )	( <i>I should not have taken possession.</i> )
je ne m'emparerais pas, etc.	je ne me serais pas emparé, etc.

\* Emparé is variable through out for gender and number.

## IMPERATIVE MOOD.—PRESENT.

**ne t'empare pas**, *take not possession*  
 (qu'il ne s'empare pas), *let him not take possession*  
**ne nous emparons pas**, *let us not take possession*  
**ne vous emparez pas**, *do not take possession*  
 (qu'ils ne s'emparent pas), *let them not take possession*

## § 243. EXAMPLE OF THE INTERROGATIVE CONJUGATION OF A REFLEXIVE VERB.

Se reposer, *to rest.*

INDICATIVE : PRESENT.

(Do I rest, or Am I resting?)

**me reposé-je ?**  
 te reposes-tu ?  
 se repose-t-il ?  
 se repose-t-elle ?  
 nous reposons-nous ?  
 vous reposez-vous ?  
 se reposent-ils ?  
 se reposent-elles ?

INDICATIVE : PAST INDEFINITE.

(Have I rested?)

**me suis-je** } **reposé or reposée ?**  
 t'es-tu }  
 s'est-il reposé ?  
 s'est-elle reposée ?  
 nous sommes-nous } **reposés or**  
 vous êtes-vous } **reposées**  
 se sont-ils reposés ?  
 se sont-elles-reposées ?

## § 244. EXAMPLE OF THE NEGATIVE-INTERROGATIVE CONJUGATION OF A REFLEXIVE VERB.

S'apercevoir, *to perceive.*

INDICATIVE MOOD.

PRESENT.

(Do I not perceive?)

**ne m'aperçois-je pas ? etc.**

IMPERFECT.

(Was I not perceiving?)

**ne m'apercevais-je pas ? etc.**

PAST DEFINITE.

(Did I not perceive?)

**ne m'aperçus-je pas ? etc.**

FUTURE.

(Shall I not perceive?)

**ne m'apercevrai-je pas ? etc.**

PAST INDEFINITE.

(Have I not perceived?)

**ne me suis-je pas aperçu ?\* etc.**

PLUPERFECT.

(Had I not perceived?)

**ne m'étais-je pas aperçu ? etc.**

PAST ANTERIOR.

(Had I not perceived?)

**ne me fus-je pas aperçu ? etc.**

FUTURE PERFECT.

(Shall I not have perceived?)

**ne me serai-je pas aperçu ? etc.**

CONDITIONAL MOOD.

PRESENT.

(Should I not perceive?)

**ne m'apercevrais-je pas ?**

PERFECT.

(Should I not have perceived?)

**ne me serais-je pas aperçu ? etc.**

\* S'apercevoir has its past participle variable in the compound tenses.

## IRREGULAR VERBS.

§ 245. In the following tables the irregular verbs are arranged in four conjugations, and are grouped as far as possible according to points of similarity.

§ 246. Four tenses are omitted altogether from the tables, viz. the imperfect indicative and imperfect subjunctive, the present conditional and the present imperative. These four tenses (as was stated in § 232) can always be formed as follows:—

The **imperfect indicative** is found by changing the final **-ant** of the present participle into **-ais**.

The **imperfect subjunctive** is found by adding **-se** to the second person singular of the past definite.

The **present conditional** is found by adding **-s** to the first person singular of the future indicative.

The **imperative** is identical with the corresponding persons of the present indicative, omitting **-s** in the second person singular of the first conjugation.

The above tenses are conjugated regularly in all persons and both numbers.

**NOTE.** *Avoir*, *être*, and *savoir* are the only verbs which do not follow the above rules. For *vouloir* see §276.

§ 247. The future indicative is usually formed according to rule from the present infinitive, but is too frequently irregular to be omitted from the tables in this chapter; when regular it is not printed in dark type.

§ 248. In addition to the four tenses mentioned in § 246 the **past definite** and **future indicative** can always be regularly conjugated throughout when the first person singular is known. The only tenses which can be irregular in conjugation are the **present indicative** and the **present subjunctive**. These are therefore always given in full in the tables, as also is the **past definite** in a few cases in which peculiar collocations of letters occur. Those parts of the **present subjunctive** and of the **plural of the present indicative** which are regularly formed from the **present participle** (§ 232) are not printed in dark type.

§ 249 On the left-hand pages of the tables the principal parts of each verb are given, viz.: (1) **present infinitive**, (2) **present participle**, (3) **past participle**, (4) **present indicative**, and (5) **past definite indicative**. In the first and second conjugations, principal parts formed like those of **porter** and **finir** respectively are not printed in dark type. On the right-hand pages are the **future**, the **present subjunctive**, and the more important compounds which follow the conjugation of the simple verb; with these a few verbs are given which, though not compounds, form their tenses in exactly the same manner.

## FIRST CONJUGATION.

Infinitive.	Participles.	Present Is.
§ 250. <i>aller</i> <i>to go</i>	<i>all-ant</i> <i>all-é</i>	<i>vais</i> <i>vas</i> <i>va</i> <i>all-ons</i> <i>allez</i> <i>vont</i>
§ 251. <i>envoyer</i> <i>to send</i>	<i>envoy-ant</i> <i>envoy-é</i>	<i>envoie</i> <i>envoies</i> <i>envoie</i> <i>envoy-on</i> <i>envoyez</i> <i>envoient</i>

## SECOND CONJUGATION.

§ 252. <i>bouillir</i> <i>to boil</i> (intrans.)	<i>bouill-ant</i> <i>bouill-i</i>	<i>bou-s</i> <i>bou-s</i> <i>bou-t</i> <i>bouill-ons</i> <i>bouillez</i> <i>bouillent</i>
§ 253. <i>dormir</i> <i>to sleep</i>	<i>dorm-ant</i> <i>dorm-i</i>	<i>dor-s</i> <i>dor-s</i> <i>dor-t</i> <i>dorm-ons</i> <i>dormez</i> <i>dorment</i>
§ 254. <i>mentir</i> <i>to lie, tell a lie</i>	<i>ment-ant</i> <i>ment-i</i>	<i>men-s</i> <i>men-s</i> <i>men-t</i> <i>ment-ons</i> <i>mentez</i> <i>mentent</i>

## FIRST CONJUGATION.

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
<b>irai</b>	<b>aill-e</b> <b>aill-es</b> <b>aill-e</b> <b>aill-ions</b> <b>aill-iez</b> <b>aill-ent</b>	<i>s'en aller, to go away</i>
<b>enverrai</b>	<b>envoi-e</b> <b>envoi-es</b> <b>envoi-e</b> <b>envoy-ions</b> <b>envoy-iez</b> <b>envoi-ent</b>	<i>renvoyer, to send back</i>

## SECOND CONJUGATION.

<b>bouill-irai</b>	<b>bouill-e</b> <b>bouill-es</b> <b>bouill-e</b> <b>bouill-ions</b> <b>bouill-iez</b> <b>bouill-ent</b>	<i>ébouillir, to boil away</i> <i>rebouillir, to boil again</i> to boil (trans.) is rendered by <b>faire bouillir</b>
<b>dorm-irai</b>	<b>dorm-e</b> <b>dorm-es</b> <b>dorm-e</b> <b>dorm-ions</b> <b>dorm-iez</b> <b>dorm-ent</b>	<i>endormir, to lull to sleep</i> <i>s'endormir, to fall asleep</i> <i>se rendormir, to go to sleep again</i>
<b>ment-irai</b>	<b>ment-e</b> <b>ment-es</b> <b>ment-e</b> <b>ment-ions</b> <b>ment-iez</b> <b>ment-ent</b>	<i>démentir, to give the lie</i>



Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 255. part-ir <i>to depart</i>	part-ant part-i	par-s par-s par-t part-ons part-ox part-ent	part-is
§ 256. se repent-ir <i>to repent</i>	se repent-ant repent-i	me repen-s te repen-s se repen-t nous repent-ons vous repent-ox se repent-ent	me repent-is
§ 257. sent-ir <i>to feel, to smell</i>	sent-ant sent-i	sen-s sen-s sen-t sent-ons sent-ox sent-ent	sent-is
§ 258. serv-ir <i>to serve</i>	serv-ant serv-i	ser-s ser-s ser-t serv-ons serv-ox serv-ent	serv-is
§ 259. sort-ir <i>to go out</i>	sort-ant sort-i	sor-s sor-s sor-t sort-ons sort-ox sort-ent	sort-is
§ 260. assaill-ir <i>to assault</i>	assaill-ant assaill-i	assaill-s assaill-ox assaill-s assaill-ons assaill-ox assaill-ent	assaill-is

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
part-irai	part-e part-es part-e part-ions part-iez part-ent	départir, <del>to depart</del> repartir, <i>to reply, to start again</i>
me repent-irai	me repent-e te repent-es se repent-e nous repent-ions vous repent-iez se repent-ent	
sent-irai	sent-e sent-es sent-e sent-ions sent-iez sent-ent	consentir, <i>to consent</i> pressentir, <i>to forebode</i> ressentir, <i>to resent</i> se ressentir, <i>to feel</i>
serv-irai	serv-e serv-es serv-e serv-ions serv-iez serv-ent	desservir, <i>to clear the table</i>
sort-irai	sort-e sort-es sort-e sort-ions sort-iez sort-ent	ressortir, <i>to go out again</i>
assaill-irai	assaill-e assaill-es assaill-e assaill-ions assaill-iez assaill-ent	tressaillir, <i>to start, to shudder</i>

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 261. cueill-ir <i>to pluck</i>	cueill-ant cueill-i	cueill-e cueill-es cueill-e cueill-ons cueill-ez cueill-ent	cueill-is
§ 262. couvr-ir <i>to cover</i>	couvr-ant couvr-t	couvr-e couvr-es couvr-e couvr-ons couvr-ez couvr-ent	couvr-is
§ 263. fu-ir <i>to flee</i>	fuy-ant fu-i	fu-is fu-is fu-it fuy-ons fuy-ez fui-ent	fu-is
§ 264. vêt-ir <i>to clothe</i>	vêt-ant vêt-u	vêt-s vêt-s vêt vêt-ons vêt-ez vêt-ent	vêt-is
§ 265. ten-ir <i>to hold</i>	ten-ant ten-u	tien-s tien-s tien-t ten-ons ten-ez tien-n-ent	tin-s tin-s tin-t tin-mes tin-tes tin-rent

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
<b>cueill-erai</b>	cueill-e cueill-es cueill-e cueill-ions cueill-iez cueill-ent	accueillir, <i>to welcome</i> recueillir, <i>to reap</i> se recueillir, <i>to collect one's thoughts</i>
<b>couvr-irai</b>	couvr-e couvr-es couvr-e couvr-ions couvr-iez couvr-ent	découvrir, <i>to discover</i> recouvrir, <i>to cover up again</i> offrir, <i>to offer</i> souffrir, <i>to suffer</i> ouvrir, <i>to open</i>
<b>fu-irai</b>	fui-e fui-es fui-e fuy-ions fuy-iez fui-ent	s'enfuir, <i>to flee</i>
<b>vêt-irai</b>	vêt-e vét-es vét-e vét-ions vét-iez vét-ent	dévêtir, <i>to divest</i> revêtir, <i>to cover</i>
<b>tien-d-rai</b>	tien-n-e tien-n-es tien-n-e ten-ions ten-iez tien-n-ent	s'abstenir, <i>to abstain</i> appartenir, <i>to belong</i> contenir, <i>to contain</i> détenir, <i>to detain</i> entretenir, <i>to keep up</i> maintenir, <i>to maintain</i> obtenir, <i>to obtain</i> retenir, <i>to retain</i> soutenir, <i>to assert</i>

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 266. <i>ven-ir</i> <i>to come</i>	<i>ven-ant</i> <i>ven-u</i>	<i>vien-s</i> <i>vien-s</i> <i>vien-t</i> <i>ven-ons</i> <i>ven-ez</i> <i>vien-n-ent</i>	<i>vin-s</i> <i>vin-s</i> <i>vin-t</i> <i>vin-mes</i> <i>vin-tes</i> <i>vin-rent</i>
§ 267. <i>cour-ir</i> <i>to run</i>	<i>cour-ant</i> <i>cour-u</i>	<i>cour-s</i> <i>cour-s</i> <i>cour-t</i> <i>cour-ons</i> <i>cour-ez</i> <i>cour-ent</i>	<i>cour-us</i>
§ 268. <i>mour-ir</i> <i>to die</i>	<i>mour-ant</i> <i>mort</i>	<i>meur-s</i> <i>meur-s</i> <i>meur-t</i> <i>mour-ons</i> <i>mour-ez</i> <i>meur-ent</i>	<i>mour-us</i>
§ 269. <i>acquér-ir</i> <i>to acquire</i>	<i>acquér-ant</i> <i>acquis</i>	<i>acquier-s</i> <i>acquier-s</i> <i>acquier-t</i> <i>acquér-ons</i> <i>acquér-ez</i> <i>acquièr-ent</i>	<i>acqu-is</i>

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
<b>vien-d-rai</b>	<b>vien-n-e</b> <b>vien-n-es</b> <b>vien-n-e</b> <b>ven-ions</b> <b>ven-iez</b> <b>vien-n-ent</b>	<i>circonvenir, to circumvent</i> <i>convenir, to suit, to agree</i> <i>devenir, to become</i> <i>intervenir, to intervene</i> <i>parvenir, to reach</i> <i>revenir, to return</i> <i>se souvenir de, to remember</i>
<b>cour-rai</b>	<b>cour-e</b> <b>cour-es</b> <b>cour-e</b> <b>cour-ions</b> <b>cour-iez</b> <b>cour-ent</b>	<i>accourir, to hasten</i> <i>concourir, to concur</i> <i>discourir, to discourse</i> <i>parcourir, to traverse</i> <i>secourir, to help</i>
<b>mour-rai</b>	<b>meur-e</b> <b>meur-es</b> <b>meur-e</b> <b>mour-ions</b> <b>mour-iez</b> <b>meur-ent</b>	
<b>acquies-rai</b>	<b>acquièr-e</b> <b>acquièr-es</b> <b>acquièr-e</b> <b>acquér-ions</b> <b>acquér-iez</b> <b>acquièr-ent</b>	<i>conquérir, to conquer</i> <i>s'enquérir, to inquire</i> <i>requérir, to require</i>

## THIRD CONJUGATION.

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 270. <i>recev-oir</i> <i>to receive</i>	recev-ant reç-u	reçoi-s reçoi-s reçoi-t recev-ons recev-ez reçoiv-ent	reç-us
§ 271. <i>dev-oir</i> <i>to owe</i>	dev-ant dû sing. fem. due pl. masc. dus pl. fem. dues	doi-s doi-s doi-t dev-ons dev-ez doiv-ent	d-us
§ 272. <i>mouv-oir</i> <i>to move</i>	mouv-ant mû sing. fem. mue pl. masc. mus pl. fem. mues	meu-s meu-s meu-t mouv-ons mouv-ez meuv-ent	m-us
§ 273. <i>pleuv-oir</i> (impersonal) <i>to rain</i>	pleuv-ant plu	pleu-t	pl-ut
§ 274. <i>sav-oir</i> <i>to know</i>	sach-ant su	sai-s sai-s sai-t sav-ons sav-ez sav-ent	s-us
§ 275. <i>pouv-oir</i> <i>to be able</i>	pouv-ant pu	peu-x or puis peu-x peu-t pouv-ons pouv-ez peuv-ent	p-us

## THIRD CONJUGATION.

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
recev-rai	reçoi- <b>ve</b> reçoiv- <b>es</b> reçoiv- <b>e</b> recev-ions recev-iez reçoiv-ent	apercevoir, <i>to perceive</i> concevoir, <i>to conceive</i> décevoir, <i>to deceive</i> percevoir, <i>to levy</i> (taxes)
dev-rai	doiv- <b>e</b> doiv- <b>es</b> doiv- <b>e</b> dev-ions dev-iez doiv-ent	redevoir, <i>to owe still</i>
mouv-rai	meuv- <b>e</b> meuv- <b>es</b> meuv- <b>e</b> mouv-ions mouv-iez meuv-ent	
pleuv-ra	pleuv- <b>e</b>	
sau-rai	sach- <b>e</b> sach- <b>es</b> sach- <b>e</b> sach-ions sach-iez sach-ent	IMPERATIVE— sache sachons sachez
pour-rai	puiss- <b>e</b> puiss- <b>es</b> puiss- <b>e</b> puiss-ions puiss-iez puiss-ent	



Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 276. <i>voul-oir</i> <i>to wish</i>	<i>voul-ant</i> <i>voul-u</i>	<i>veu-x</i> <i>veu-x</i> <i>veu-t</i> <i>voul-ons</i> <i>voul-ez</i> <i>veul-ent</i>	<i>voul-us</i>
§ 277. <i>val-oir</i> <i>to be worth</i>	<i>val-ant</i> <i>val-u</i>	<i>vau-x</i> <i>vau-x</i> <i>vau-t</i> <i>val-ons</i> <i>val-ez</i> <i>val-ent</i>	<i>val-us</i>
§ 278. <i>fall-oir</i> (impersonal) <i>to be necessary</i>	<i>fall-u</i>	<i>fau-t</i>	<i>fall-ut</i>
§ 279. <i>v-oir</i> <i>to see</i>	<i>voy-ant</i> <i>vu</i>	<i>voi-s</i> <i>voi-s</i> <i>voi-t</i> <i>voy-ons</i> <i>voy-ez</i> <i>voi-ent</i>	<i>v-is</i>
§ 280. <i>asse-oir</i> <i>to seat, to set</i>	<i>assey-ant</i> <i>assis</i>	<i>assied-s</i> <i>assied-s</i> <i>assied</i> <i>assey-ons</i> <i>assey-ez</i> <i>assey-ent</i>	<i>ass-is</i>
§ 281. <i>av-oir</i> <i>to have</i>	<i>ay-ant</i> <i>eu</i>	<i>ai</i> <i>as</i> <i>a</i> <i>av-ons</i> <i>av-ez</i> <i>ont</i>	<i>e-us</i>

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
<b>vou d-rai</b>	<b>veuill-e</b> <b>veuill-es</b> <b>veuill-e</b> <b>voull-ions</b> <b>voull-iez</b> <b>veuill-ent</b>	For the imperative, the forms <i>veuille, veuillez</i> are in use.
<b>vau-d-rai</b>	<b>vail-l-e</b> <b>vail-l-es</b> <b>vail-l-e</b> <b>val-ions</b> <b>val-iez</b> <b>vail-l-ent</b>	<i>équivaloir, to be equivalent</i> <i>prévaloir, to prevail</i> , has pres. subj. <i>prévale</i>
<b>faud-ra</b>	<b>faill-e</b>	
<b>ver-rai</b>	<b>voi-e</b> <b>voi-es</b> <b>voi-e</b> <b>voy-ions</b> <b>voy-iez</b> <b>voi-ent</b>	<i>entrevoir, to catch a glimpse</i> <i>revoir, to see again</i> <i>prévoir, to foresee</i> , and <i>pourvoir, to provide</i> , have fut. <i>-voirai</i> , and <i>pourvoir</i> has past def. <i>pourvus</i>
<b>assié-rai</b> <i>or assey-erai</i>	<b>assey-e</b> <b>assey-es</b> <b>assey-e</b> <b>assey-ions</b> <b>assey-iez</b> <b>assey-ent</b>	<i>s'asseoir, to sit down</i> <i>rasseoir, to put back</i> <i>se rasseoir, to sit down again</i>
<b>au-rai</b>	<b>ai-e</b> <b>ai-es</b> <b>ai-t</b> <b>ay-ons</b> <b>ay-oz</b> <b>ai-ent</b>	

## FOURTH CONJUGATION.

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 282. <i>connaî-t-re</i> <i>to know</i>	{ <i>connai-ss-ant</i> <i>conn-u</i>	<i>connai-s</i> <i>connai-s</i> <i>connaî-t</i> <i>connai-ss-ons</i> <i>connai-ss-ez</i> <i>connai-ss-ent</i>	<i>conn-us</i>
§ 283. <i>parai-t-re</i> <i>to appear</i>	<i>parai-ss-ant</i> <i>par-u</i>	<i>parai-s</i> <i>parai-s</i> <i>parai-t</i> <i>parai-ss-ons</i> <i>parai-ss-ez</i> <i>parai-ss-ent</i>	<i>par-us</i>
§ 284. <i>croi-t-re</i> <i>to grow</i>	<i>croi-ss-ant</i> <i>crû</i> sing. fem. <i>crue</i> pl. masc. <i>crus</i> pl. fem. <i>crues</i>	<i>croi-s</i> <i>croi-s</i> <i>croi-t</i> <i>croi-ss-ons</i> <i>croi-ss-ez</i> <i>croi-ss-ent</i>	<i>cr-ûs</i> <i>cr-ûs</i> <i>cr-ût</i> <i>cr-ûmes</i> <i>cr-ûtes</i> <i>cr-ûrent</i>
§ 285. <i>naî-t-re</i> <i>to be born</i>	<i>nai-ss-ant</i> <i>né</i>	<i>nai-s</i> <i>nai-s</i> <i>naî-t</i> <i>nai-ss-ons</i> <i>nai-ss-ez</i> <i>nai-ss-ent</i>	<i>naqu-is</i>
§ 286. <i>plai-re</i> <i>to please</i>	<i>plai-s-ant</i> <i>plu</i>	<i>plai-s</i> <i>plai-s</i> <i>plai-t</i> <i>plai-s-ons</i> <i>plai-s-ez</i> <i>plai-s-ent</i>	<i>pl-us</i>
§ 287. <i>li-re</i> <i>to read</i>	<i>li-s-ant</i> <i>lu</i>	<i>li-s</i> <i>li-s</i> <i>li-t</i> <i>li-s-ons</i> <i>li-s-ez</i> <i>li-s-ent</i>	<i>l-us</i>

## FOURTH CONJUGATION.

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
connai-t-rai	connai-ss-e connai-ss-es connai-ss-e connai-ss-ions connai-ss-iez connai-ss-ent	méconnaître, <i>not to recognise</i> reconnaître, <i>to recognise</i>
parai-t-rai	parai-ss-e parai-ss-es parai-ss-e parai-ss-ions parai-ss-iez parai-ss-ent	apparaître, <i>to appear</i> comparaître, <i>to appear in court</i> disparaître, <i>to disappear</i> reparaître, <i>to reappear</i>
croi-t-rai	croi-ss-e croi-ss-es croi-ss-e croi-ss-ions croi-ss-iez croi-ss-ent	
nai-t-rai	nai-ss-e nai-ss-es nai-ss-e nai-ss-ions nai-ss-iez nai-ss-ent	
plai-rai	plai-s-e plai-s-es plai-s-e plai-s-ions plai-s-iez plai-s-ent	complaire, <i>to humour</i> déplaire, <i>to displease</i>
li-rai	li-s-o li-s-es li-s-e li-s-ions li-s-iez li-s-ent	élire, <i>to elect</i> réélire, <i>to re-elect</i> relire, <i>to read again</i>

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 288. <i>tai-re</i> <i>to keep secret</i>	<i>tai-s-ant</i> <i>tu</i>	<i>tai-s</i> <i>tai-s</i> <i>tai-t</i> <i>tai-s-ons</i> <i>tai-s-ez</i> <i>tai-s-ent</i>	<i>t-us</i>
§ 289. <i>boi-re</i> <i>to drink</i>	<i>bu-v-ant</i> <i>bu</i>	<i>boi-s</i> <i>boi-s</i> <i>boi-t</i> <i>bu-v-ons</i> <i>bu-v-ez</i> <i>boi-v-ent</i>	<i>b-us</i>
§ 290. <i>croi-re</i> <i>to believe</i>	<i>croy-ant</i> <i>cru</i>	<i>croi-s</i> <i>croi-s</i> <i>croi-t</i> <i>croy-ons</i> <i>croy-ez</i> <i>croi-ent</i>	<i>cr-us</i>
§ 291. <i>conclu-re</i> <i>to conclude</i>	<i>conclu-ant</i> <i>conclu</i>	<i>conclu-s</i> <i>conclu-s</i> <i>conclu-t</i> <i>conclu-ons</i> <i>conclu-ez</i> <i>conclu-ent</i>	<i>concl-us</i>
§ 292. <i>mou-d-re</i> <i>to grind</i>	<i>mou-l-ant</i> <i>mou-l-u</i>	<i>mou-d-s</i> <i>mou-d-s</i> <i>mou-d</i> <i>mou-l-ons</i> <i>mou-l-ez</i> <i>mou-l-ent</i>	<i>moul-us</i>
§ 293. <i>absou-d-re</i> <i>to absolve</i>	<i>absol-v-ant</i> <i>absou-s</i> (f. <i>absou-te</i> )	<i>absou-s</i> <i>absou-s</i> <i>absou-t</i> <i>absol-v-ons</i> <i>absol-v-ez</i> <i>absol-v-ent</i>	—

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
tai-rai	tai-s-e tai-s-es tai-s-e tai-s-ions tai-s-iez tai-s-ent	se taire, <i>to be silent</i>
boi-rai	boi-v-e boi-v-es boi-v-e bu-v-ions bu-v-iez boi-v-ent	
croi-rai	croi-e croi-es croi-e croy-ions croy-iez croi-ent	mécroire, <i>to disbelieve</i>
conclu-rai	conclu-e conclu-es conclu-e conclu-ions conclu-iez conclu-ent	exclure, <i>to exclude</i>
mou-d-rai	mou-l-e mou-l-es mou-l-e mou-l-ions mou-l-iez mou-l-ent	émoudre, <i>to sharpen</i> rémoudre, <i>to re-sharpen</i> remoudre, <i>to grind again</i>
absou-d-rai	absol-v-e absol-v-es absol-v-e absol-v-ions absol-v-iez absol-v-ent	dissoudre, <i>to dissolve</i>

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 294. résoudre <i>to resolve</i>	résolv-ant résou-s ( <i>dis- solved</i> ) résol-u ( <i>deter- mined</i> )	résou-s résou-s résou-t résol-v-ons résol-v-ez résol-v-ent	résol-us
§ 295. vivre <i>to live</i>	viv-ant véc-u	vi-s vi-s vi-t viv-ons viv-ez viv-ent	véc-us
§ 296. cou-dre <i>to sew</i>	cou-s-ant cou-s-u	cou-d-s cou-d-s coud cou-s-ons cou-s-ez cou-s-ent	cou-s-is
§ 297. vainc-re <i>to conquer</i>	vainqu-ant vainc-u	vainc-s vainc-s vainc vainqu-ons vainqu-ez vainqu-ent	vainqu-is
§ 298. crain-dre <i>to fear</i>	craign-ant craïn-t	craïn-s craïn-s craïn-t craign-ons craign-ez craign-ent	craign-is
§ 299. peïn-dre <i>to paint</i>	peïgn-ant peïn-t	peïn-s peïn-s peïn-t peïgn-ons peïgn-ez peïgn-ent	peïgn-is

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
résou-d-rai	résol-v-e résol-v-es résol-v-e résol-v-ions résol-v-iez résol-v-ent	
viv-rai	viv-e viv-es viv-e viv-ions viv-iez viv-ent	revivre, <i>to revive</i> survivre, <i>to survive</i>
cou-d-rai	cou-s-e cou-s-es cou-s-e cou-s-ions cou-s-iez cou-s-ent	découdre, <i>to unsew</i> recoudre, <i>to sew again</i>
vainc-rai	vainqu-e vainqu-es vainqu-e vainqu-ions vainqu-iez vainqu-ent	convaincre, <i>to convince</i>
craïn-d-rai	craign-e craign-es craign-e craign-ions craign-iez craign-ent	plaindre, <i>to pity</i> se plaindre, <i>to complain</i> contraindre, <i>to compel</i>
peïn-d-rai	peign-e peign-es peign-e peign-ions peign-iez peign-ent	atteindre, <i>to reach</i> astreindre, <i>to compel</i> ceindre, <i>to gird</i> enfreindre, <i>to infringe</i> éteindre, <i>to extinguish</i> feindre, <i>to feign</i> restreindre, <i>to restrict</i> teindre, <i>to dye</i>



Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 300. join-d-re <i>to join</i>	joign-ant join-t	join-s join-s join-t joign-ons joign-ez joign-ent	joign-is
§ 301. condui-re <i>to conduct</i>	condui-s-ant condui-t	condui-s condui-s condui-t condui-s-ons condui-s-ez condui-s-ent	condui-s-is
§ 302. instrui-re <i>to instruct</i>	instrui-s-ant instrui-t	instrui-s instrui-s instrui-t instrui-s-ons instrui-s-ez instrui-s-ent	instrui-s-is
§ 303. cui-re <i>to cook</i>	cui-s-ant cui-t	cui-s cui-s cui-t cui-s-ons cui-s-ez cui-s-ent	cui-s-is
§ 304. nui-re <i>to harm</i>	nui-s-ant nui	nui-s nui-s nui-t nui-s-ons nui-s-ez nui-s-ent	nui-s-is
§ 305. écri-re <i>to write</i>	écri-v-ant écri-t	écri-s écri-s écri-t écri-v-ons écri-v-ez écri-v-ent	écri-v-is

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
join-d-rai	joign-e joign-es joign-e joign-ions joign-iez joign-ent	conjoindre, <i>to unite</i> déjoindre, <i>to separate</i> enjoindre, <i>to enjoin</i> rejoindre, <i>to rejoin</i> oindre, <i>to anoint</i>
condui-rai	condui-s-e condui-s-es condui-s-e condui-s-ions condui-s-iez condui-s-ent	déduire, <i>to deduct</i> éconduire, <i>to show out</i> introduire, <i>to introduce</i> produire, <i>to produce</i> réduire, <i>to reduce</i> séduire, <i>to seduce</i> traduire, <i>to translate</i>
instrui-rai	instrui-s-e instrui-s-es instrui-s-e instrui-s-ions instrui-s-iez instrui-s-ent	construire, <i>to construct</i> détruire, <i>to destroy</i>
cui-rai	cui-s-e cui-s-es cui-s-e cui-s-ions cui-s-iez cui-s-ent	recuire, <i>to cook again</i>
nui-rai	nui-s-e nui-s-es nui-s-e nui-s-ions nui-s-iez nui-s-ent	luire, <i>to shine</i> reluire, <i>to gleam</i> These have no past definite.
écri-rai	écri-v-e écri-v-es écri-v-e écri-v-ions écri-v-iez écri-v-ent	décrire, <i>to describe</i> inscrire, <i>to inscribe</i> prescrire, <i>to prescribe</i> proscrire, <i>to proscribe</i> souscrire, <i>to subscribe</i> transcrire, <i>to transcribe</i>

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 306. <i>traire</i> <i>to milk</i>	tray-ant trai-t	trai-s trai-s trai-t tray-ons tray-ez trai-ent	—
§ 307. <i>suivre</i> <i>to follow</i>	suiv-ant suiv-i	sui-s sui-s sui-t suiv-ons suiv-ez suiv-ent	suiv-is
§ 308. <i>rire</i> <i>to laugh</i>	ri-ant ri	ri-s ri-s ri-t ri-ons ri-ez ri-ent	r-is
§ 309. <i>suffire</i> <i>to suffice</i>	suffi-s-ant suffi	suffi-s suffi-s suffi-t suffi-s-ons suffi-s-ez suffi-s-ent	suff-is
§ 310. <i>confire</i> <i>to pickle</i>	confi-s-ant confi-t	confi-s confi-s confi-t confi-s-ons confi-s-ez confi-s-ent	conf-is
§ 311. <i>dire</i> <i>to say</i>	di-s-ant di-t	di-s di-s di-t di-s-ons di-t-es di-s-ent	di-s di-s di-t di-mes dit-es di-rent

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
traï-raï	traï-e traï-es traï-e tray-ions tray-iez traï-ent	abstraire, <i>to abstract</i> disträire, <i>to distract</i> extraire, <i>to extract</i> sousträire, <i>to subtract</i>
suiv-raï	suiv-e suiv-es suiv-e suiv-ions suiv-iez suiv-ent	s'ensuivre (impersonal), <i>to result</i> poursuivre, <i>to pursue</i>
ri-raï	ri-e ri-es ri-e ri-ions ri-iez ri-ent	sourire, <i>to smile</i>
suffi-raï	suffi-s-e suffi-s-es suffi-s-e suffi-s-ions suffi-s-iez suffi-s-ent	
confi-raï	confi-s-e confi-s-es confi-s-e confi-s-ions confi-s-iez confi-s-ent	déconfire, <i>to discomfit</i>
di-raï	di-s-e di-s-es di-s-e di-s-ions di-s-iez di-s-ent	redire, <i>to say again</i> Other compounds have pres. ind. 2nd pers. pl. in <i>-disez</i> ; <i>e.g.</i> from médire, <i>to slander</i> , vous médisez

Infinitive.	Participles.	Present Indic.	Past Def.
§ 312. maudi-re <i>to curse</i>	maudi-ss-ant maudi-t	maudi-s maudi-s maudi-t maudi-ss-ons maudi-ss-ez maudi-ss-ent	maud-is
§ 313. fai-re <i>to make, to do</i>	fai-s-ant fai-t	fai-s fai-s fai-t fai-s-ons fai-t-es font	f-is
§ 314. prend-re <i>to take</i>	pren-ant pris	prend-s prend-s prend pren-ons pren-ez pren-n-ent	pr-is
§ 315. mett-re <i>to put</i>	mett-ant mis	met-s met-s met mett-ons mett-ez mett-ent	m-is
§ 316. batt-re <i>to beat</i>	batt-ant batt-u	bat-s bat-s bat batt-ons batt-ez batt-ent	batt-is
§ 317. être <i>to be</i>	ét-ant ét-é	suis es est som mes êt-es sont	f-us

Future.	Present Subj.	Compounds, etc.
maudi-rai	maudi-ss-e maudi-ss-es maudi-ss-e maudi-ss-ions maudi-ss-iez maudi-ss-ent	
fe-rai	fa-ss-e fa-ss-es fa-ss-e fa-ss-ions fa-ss-iez fa-ss-ent	contrefaire, <i>to feign</i> défaire, <i>to undo</i> se défaire de, <i>to get rid of</i> refaire, <i>to do again</i> satisfaire, <i>to satisfy</i> surfaire, <i>to overcharge</i>
prend-rai	pren-n-e pren-n-es pren-n-e pren-ions pren-iez pren-n-ent	apprendre, <i>to learn</i> comprendre, <i>to understand</i> entreprendre, <i>to undertake</i> se méprendre, <i>to be mistaken</i> reprendre, <i>to resume</i> surprendre, <i>to surprise</i>
mett-rai	mett-e mett-es mett-e mett-ions mett-iez mett-ent	admettre, <i>to admit</i> commettre, <i>to commit</i> compromettre, <i>to compromise</i> omettre, <i>to omit</i> permettre, <i>to permit</i> soumettre, <i>to subdue</i> transmettre, <i>to transmit</i>
batt-rai	batt-e batt-es batt-e batt-ions batt-iez batt-ent	se battre, <i>to fight</i> abattre, <i>to beat down</i> combattre, <i>to fight</i> débattre, <i>to dispute</i>
se-rai	soi-s soi-s soi-t soy-ons soy-ez soi-ent	

## SUBSTANTIVES WITH TWO GENDERS.

**318.** The following is a list of common substantives, the meaning of which varies with the gender.

	Masculine.	Feminine.
<b>carpe</b>	<i>wrist</i>	<i>carp</i>
<b>caustique</b>	<i>caustic substance</i>	<i>caustic curve</i>
<b>faune</b>	<i>faun</i>	<i>fauna</i>
<b>garde</b>	<i>guardian</i>	<i>guardianship, the</i> <i>(Guards (a regiment))</i>
<b>greffe</b>	<i>chancery</i>	<i>graft</i>
<b>livre</b>	<i>book</i>	<i>pound</i>
<b>manche</b>	<i>handle</i>	<i>sleeve, English Channel</i>
<b>mémoire</b>	<i>memoir, note</i>	<i>memory</i>
<b>merci</b>	<i>thanks</i>	<i>mercy</i>
<b>mort</b>	<i>dead man</i>	<i>death</i>
<b>mousse</b>	<i>cabin-boy</i>	<i>moss, froth</i>
<b>page</b>	<i>page-boy</i>	<i>page of a book</i>
<b>parallèle</b>	<i>comparison</i>	<i>parallel line</i>
<b>période</b>	<i>conclusion,</i> <i>culmination</i>	<i>period (in mathematics</i> <i>and punctuation)</i>
<b>somme</b>	<i>sleep</i>	<i>sum</i>
<b>souris</b>	<i>smile</i>	<i>mouse</i>
<b>tour</b>	<i>turn, tour, trick</i>	<i>tower</i>
<b>vapeur</b>	<i>steamer</i>	<i>heat</i>
<b>vase</b>	<i>vessel</i>	<i>mud</i>
<b>voile</b>	<i>veil</i>	<i>sail</i>

## PART IV.

### PREMIÈRES LECTURES.

#### 1. LES SAISONS.

Nous divisons l'année en quatre parties. Nous appelons ces parties les quatre saisons. Ce sont : le printemps, l'été, l'automne et l'hiver. Chaque saison dure environ trois mois, mais l'hiver est généralement plus long que l'été. Le printemps est une belle saison. La neige ne tombe 5 plus et les fleurs poussent. Les oiseaux qui passent l'hiver dans les pays chauds arrivent en Angleterre et commencent à chanter. Sur les arbres, nous apercevons des feuilles vertes et l'été approche. En été les jours sont longs et les nuits courtes. Le soleil brille et ses rayons réchauffent la 10 terre et font paraître les fleurs. Nous ne voyons plus de neige que sur les hautes montagnes où elle reste éternellement. Le mois d'août est habituellement le plus chaud de l'année. L'automne est la troisième saison. Le temps peut 15 varier beaucoup en automne. Parfois nous avons un bel automne : les fruits mûrissent et les fleurs égayaient les jardins. Les vignobles sont pleins de gens qui récoltent les raisins. En hiver, le temps froid arrive, le vent souffle, la pluie et la neige tombent. Beaucoup de gens aiment l'hiver. Les enfants patinent, glissent sur l'étang et font des boules de 20 neige dans le jardin.



## 2. LE SYSTÈME MÉTRIQUE.

Le mètre est l'unité des mesures de longueur. Le décimètre est la dixième partie du mètre. Le mètre est divisé en cent parties, et ces parties sont nommées centimètres. Dix mètres font un décamètre, cent mètres font un hectomètre et mille mètres un kilomètre. Le kilomètre est plus court que le mille anglais. Huit kilomètres correspondent environ à cinq milles. Un décimètre cube d'eau pure à 4° centigrade pèse un kilogramme. Le kilogramme a mille grammes, cent décagrammes et dix hectogrammes. Le gramme a dix décigrammes, cent centigrammes et mille milligrammes. Ces mesures sont très petites. Un kilogramme d'eau porte le nom de litre. Dix litres font un décalitre, cent litres un hectolitre et mille litres un kilolitre. Nous avons divisé le litre en décilitres, centilitres et millilitres. Nous employons aussi le demi-litre et le quart de litre. Toutes les mesures du système métrique sont très utiles, et généralement faciles à manier. Les anciennes mesures françaises ont été abandonnées. Plusieurs pays ont adopté le système métrique. Ce système a été inventé en France à la fin du dix-huitième siècle. L'Allemagne emploie le système métrique. L'Angleterre a des mesures spéciales, très compliquées comme les anciennes mesures françaises. Beaucoup de gens préfèrent le système métrique.

## 3. LE BŒUF ET LA VACHE.

Le bœuf et la vache sont des animaux domestiques. Ce sont des mammifères et des ruminants. Le bœuf est un animal assez grand ; il a le museau carré, le front plat,

les yeux grands et doux. Il a le corps couvert de poils courts et une longue queue. Deux cornes pointues ornent son front. La vache est plus petite que le bœuf. Ces deux animaux sont bruns, rougeâtres ou blancs. Ils mangent de l'herbe et d'autres végétaux. Anciennement on employait le bœuf pour battre le blé, mais à présent les machines l'ont remplacé. Les bœufs tiraient aussi la 55 charrue, mais nous employons maintenant des chevaux. En Allemagne les bœufs doivent labourer et en France on emploie même quelquefois les vaches pour cela. De tous temps les hommes ont mangé la chair du bœuf. La viande de cet animal est bonne et nourrissante. De la 60 vache nous recevons du lait. Ce lait est meilleur que le lait de chèvre. On en fait du beurre et du fromage. Dans certaines parties du monde on ne peut pas obtenir de lait. Alors on importe du lait condensé et ce lait est utilisé aussi par les exploreurs et sur mer. Les buffalos étaient autre- 65 fois très nombreux dans l'Amérique du Nord. Ce sont des animaux très forts. Leurs cornes sont plus longues que les cornes du bœuf. On a tué beaucoup de ces bœufs sauvages, et ils ont diminué énormément. Les anciens Egyptiens aimaient beaucoup les bœufs et les 70 vaches. Ils les adoraient et leur bâtirent des temples. Ils eurent comme dieu un bœuf spécial qu'ils appelèrent Apis.

#### 4. LE CROCODILE.

Le crocodile est un reptile. C'est un amphibie, c'est-à-dire qu'il peut vivre dans l'eau et sur terre. Ses membres 75 sont courts et ne peuvent pas supporter le poids énorme de son corps. C'est pourquoi le crocodile doit, pour ainsi

dire, ramper sur la partie inférieure de son corps. Il y a trois sortes de crocodiles : le gavial, le crocodile proprement dit, et l'alligator. On trouve le gavial aux Indes et il peut avoir dix-sept pieds de longueur. Le crocodile habite certaines parties de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique. Les alligators n'habitent que l'Amérique. Les crocodiles étaient autrefois abondants dans toute la vallée du Nil. Ils y étaient au temps des vieux Egyptiens, qui en firent des dieux. On trouve à Memphis des temples que ces gens leur érigèrent. Cependant, les crocodiles ont disparu du delta du Nil et ont remonté ce fleuve. Les hommes les ont chassés des endroits habités. Les naturels de l'Egypte mangent la chair du crocodile.

Les crocodiles aiment la boue et y passent la saison sèche. Quand la pluie arrive, ils quittent leur retraite. La femelle du crocodile place ses œufs dans le sable. La nourriture des jeunes crocodiles consiste exclusivement en poisson, mais les grands crocodiles mangent des animaux et même des hommes. Une fois, des voyageurs attaquèrent un crocodile qui était sur le sable. Le crocodile resta immobile et les voyageurs ne pensaient pas qu'il était encore en vie. Ils allaient le laisser. Mais à peine eurent-ils tourné la tête que le crocodile remua et alla chercher refuge dans une rivière voisine.

## 5. LE CHEVAL.

Si vous regardez un cheval, vous remarquerez que son poil est court et généralement d'une seule couleur. Mais parfois il est de couleurs différentes et alors le cheval a des taches, jamais de raies comme le zèbre. Vous pourrez observer que la queue de cet animal est longue et qu'il

possède aussi une longue crinière souvent très épaisse. Si on place devant vous trois ou quatre chevaux, vous remarquerez qu'ils sont différents. Les uns sont d'une espèce qui est très grande; ces animaux sont très lourds et très forts; ce sont eux qui tirent les fardeaux les plus pesants. Si vous examinez ensuite un autre cheval vous trouverez qu'il est différent. Il est moins grand et semble moins fort; c'est cette espèce qui est attelée aux voitures. Le troisième cheval, qui est très élégant et a des jambes fines, sera un cheval de course. Son allure est très rapide.

Vous aurez peut-être décidé après avoir regardé ces chevaux que leur force et leur capacité varient selon leur aspect. Mais tous sont utiles à l'homme, qui les a rendus domestiques depuis les temps les plus reculés. Après avoir parlé de l'extérieur du cheval, on pourra vous dire quelque chose de ses habitudes. Il est herbivore et on le nourrit d'herbe, de foin et d'avoine. A l'état sauvage on trouve les chevaux en troupes. A l'état domestique le cheval a pour compagnons et amis d'autres animaux. Par exemple, on vous citera l'histoire d'un cheval dont l'ami était un petit chat noir et qui était tout heureux quand son camarade était perché sur son dos.

Vous aurez peut-être entendu parler de l'intelligence du cheval, laquelle est remarquable ainsi que sa mémoire. C'est un des animaux domestiques les plus intéressants et un des meilleurs amis de l'homme. Même après sa mort, il sera utile. Il nous donnera alors son poil, dont on remplit les coussins. Avec sa peau, on fera du cuir. On vendra sa chair pour la nourriture des chats, et sa graisse sera utilisée dans la fabrication du savon.

Le cheval existe encore à l'état sauvage, et en Tartarie on trouve encore de grandes troupes de chevaux. Les

140 Tartares les attrapent pour les faire travailler et ils en mangent aussi la chair. Du lait de la jument ils font du fromage. Dans les prairies de l'Amérique on trouve des mustangs qui sont proches parents du cheval. Les plus beaux représentants de la race chevaline sont en Arabie;  
145 nos chevaux de course sont souvent les descendants de chevaux arabes.

## 6. L'AUTRUCHE.

L'autruche est le plus grand des oiseaux actuels. Le mâle adulte a presque huit pieds de hauteur et pèse trois cents livres. C'est donc un oiseau fort majestueux. Les  
150 autruches sont moins nombreuses qu'autrefois, et dans un certain nombre d'années on n'en trouvera peut-être plus. Nos descendants auront sans doute des oiseaux plus petits et penseront que les nôtres étaient immenses.

On rencontre les autruches en sociétés de quatre ou cinq  
155 et parfois même en troupes de trente à cinquante. Elles ont de longues jambes, un long cou et une petite tête. Leur queue, qui est formée de longues plumes, est très belle. Elles ne peuvent pas voler, parce que leurs ailes ne le leur permettent pas, étant trop petites. Toutefois, elles  
160 courent avec une rapidité considérable.

Les femelles déposent leurs œufs sur le sable. Ces œufs sont naturellement très grands et ont une coquille épaisse et dure. Autour du nid, les autruches mettent d'autres œufs qu'elles cassent et que les petits oiseaux mangeront  
165 quand ils sortiront de l'œuf. Généralement, c'est le soleil qui joue le rôle de poule couveuse; mais quelquefois les autruches passent quelque temps sur le nid. Dans ce cas, le mâle y reste la nuit et les femelles pendant la journée.

On trouve ces oiseaux dans les régions désertes et sur-<sup>170</sup>  
tout en Afrique. Cependant, ils ne peuvent rester sans eau  
comme les chameaux. Dans l'Afrique du Sud, il y a des  
fermes où on élève les autruches pour avoir leurs plumes.  
Ces plumes, qui sont blanches, grises ou noires, sont l'objet  
d'un grand commerce. <sup>175</sup>

Parmi les indigènes, l'autruche remplace parfois le cheval  
et on a vu des nègres ayant pour monture un de ces oiseaux.  
C'est un spectacle très drôle. On ne mange pas la chair de  
l'autruche, qui est coriace.

## 7. LA POMME DE TERRE.

La pomme de terre est une plante herbacée très com-<sup>180</sup>  
mune maintenant et que chacun a vue. On ne pourrait  
pas trouver en Europe une personne à qui cette plante est  
inconnue. Ses feuilles sont simples, vert-foncé, arrondies,  
et de grandeurs différentes. La fleur est assez petite, et le  
fruit est une baie, d'abord verte, puis noire. <sup>185</sup>

Les gens qui penseraient que la pomme de terre est un  
fruit seraient dans l'erreur. C'est au contraire un tuber-  
cule, c'est-à-dire une excroissance qui pousse sur une tige  
souterraine. Il y a plusieurs variétés de pommes de terre,  
dont le feuillage et les fleurs peuvent varier ; la grandeur, <sup>190</sup>  
la forme et la couleur des tubercules diffèrent aussi plus  
ou moins.

Une pelure brunâtre entoure la pomme de terre ; cette  
pelure présente ce que nous appelons des yeux. Ces yeux  
peuvent produire chacun une nouvelle plante. Il n'est <sup>195</sup>  
donc pas nécessaire de planter une pomme de terre tout  
entière ; un morceau ayant un œil suffit. Le moment de  
semer les pommes de terre varie selon l'espèce et la  
localité.

200 La pomme de terre est utilisée comme article d'alimentation. C'est surtout l'amidon qu'elle renferme qui lui donne sa valeur comme tel, et ensuite la potasse et les autres sels qui y sont. L'azote n'y est présent qu'en petites quantités, et environ soixante-cinq pour cent de la  
205 pomme de terre est de l'eau. La composition du tubercule change selon le sol, l'engrais, la saison et la variété de la plante.

La pomme de terre a un ennemi qui lui cause une certaine maladie. C'est une sorte de champignon qui attaque  
210 d'abord les feuilles. Ces dernières périssent et peu à peu la maladie arrive dans les tubercules. Ce champignon est petit, même microscopique.

La pomme de terre serait originaire de l'Amérique. Les Espagnols l'auraient rencontrée près de Quito, où elle  
215 aurait été cultivée par les naturels du pays. Un moine l'aurait ensuite amenée en Espagne et de là elle aurait passé en Italie et en Belgique.

Sir Walter Raleigh la trouva dans la Virginie, d'où il l'apporta en Angleterre. Il la cultiva dans son domaine  
220 près de Cork. Elle ne passa dans la consommation générale que beaucoup plus tard. Sous Jacques I<sup>er</sup> c'était un mets recherché. Peu à peu, on commença à la cultiver dans les comtés d'York et de Lancaster ainsi qu'en Ecosse, et enfin dans le reste du royaume britannique.

### 8. LES OISEAUX.

225 Les oiseaux sont des êtres ailés qui habitent toutes les parties du globe. Comme c'est aussi le cas chez les autres espèces animées, plusieurs sortes d'oiseaux, autrefois communes, n'existent plus aujourd'hui. Dans la période anté-

diluviennne, des oiseaux ont du exister de taille colossale, auprès desquels nos grandes autruches sembleraient petites. Il est possible de calculer approximativement la hauteur et la grosseur de ces oiseaux préhistoriques au moyen d'empreintes et de fossiles.

On trouve beaucoup d'espèces d'oiseaux, mais toutes ont de grandes ressemblances. Le cou des oiseaux est généralement plus long que celui des quadrupèdes et la longueur en est déterminée par celle des pattes, quoique parfois on rencontre chez les oiseaux aquatiques un long cou et des pattes courtes. Les os sont formés de façon à unir la force et la légèreté; chez les oiseaux adultes la moelle est remplacée par de l'air; mais ceci ne concerne que les oiseaux qui volent beaucoup, les aigles, les hirondelles, etc. La température du corps est plus élevée chez les oiseaux que chez les hommes. Cela leur permet de résister à de très grands froids et explique la présence d'une certaine sorte d'oiseaux dans la Terre de Feu.

Les plumes qui couvrent le corps des oiseaux sont de formes variées. Si on regardait un aigle et une autruche, on remarquerait vite que les plumes de l'un ne ressemblent pas du tout à celles de l'autre. Un aigle a des plumes fermes et serrées, tandis que l'autruche a des plumes frisées. Les oiseaux aquatiques possèdent des glandes contenant de l'huile. Cette huile va dans leur plumage pour le rendre imperméable à l'eau tout en leur tenant chaud.

Les sens les plus développés chez les oiseaux sont la vue, l'ouïe et l'odorat. Ils ont trois paupières; la troisième, qui est transversale, couvre l'œil d'une substance à demi transparente. Ce serait grâce à elle que l'aigle pourrait regarder le soleil. L'ouïe des oiseaux est excellente; et l'odorat, surtout celui des oiseaux de proie, est très fin.



Bien que certains oiseaux ne puissent pas voler, la majorité vole ; beaucoup d'eux sont extrêmement forts et peuvent parcourir des distances énormes.

- 265 Une chose très intéressante a lieu dans le monde des oiseaux : nous voulons parler de la migration, qu'on ne doit pas confondre avec la visite plus ou moins accidentelle d'oiseaux égarés. Ce phénomène est tout entouré de mystère et attira l'attention des écrivains les plus anciens.
- 270 Même de nos jours il n'est pas possible de l'expliquer d'une façon satisfaisante, quoique beaucoup de naturalistes aient essayé de le faire.

- Nous savons que beaucoup d'oiseaux changent de demeure selon la saison. D'autres nous quittent en hiver, laissant
- 275 quelques-uns de leur espèce passer cette saison dans notre pays. Dans cette catégorie on classe les rouges-gorges. On peut dire que tous les oiseaux habitant l'hémisphère nord sont plus ou moins migrateurs. Vers la fin de l'été nous remarquons en Angleterre une grande augmentation
- 280 du nombre de nos oiseaux migrateurs ; la cause de ce renforcement est l'arrivée des oiseaux du nord qui cherchent d'autres logis.

- Donc, le mouvement de migration commence au nord et continue vers le sud. Il serait causé, selon la croyance
- 285 populaire et l'opinion de certains naturalistes, par le froid. Selon d'autres, la raison de ce déplacement serait la rareté ou l'absence de nourriture, et nous devons avouer que cela semble plus probable. La disette commence à se faire sentir dans le nord et c'est pour cela que la migration
- 290 va du nord au sud.

Le voyage de retour est encore plus difficile à expliquer. Probablement, les pays du sud sont tellement peuplés au moment de la migration que le manque de nourriture pourrait en chasser les oiseaux vers le nord à la fin de

l'hiver. D'ailleurs, les oiseaux aiment retourner à leurs 295 anciens nids et y élever leur petite famille.

## 9. LA BALEINE.

La baleine est un cétacé, elle est parente du marsouin et du dauphin. Bien qu'elle vive dans l'eau, ce n'est pas un poisson, elle est membre de la classe des mammifères. C'est le plus grand des animaux que nous ayons ; une baleine 300 adulte de l'espèce du Groënland peut mesurer jusqu'à 50 pieds de longueur. C'est donc un animal très imposant.

La forme d'un poisson a été donnée à la baleine pour qu'elle puisse nager facilement et parce que c'est la forme habituelle des habitants de l'eau. Cependant, quelle que 305 soit la forme de la baleine, elle est tout de même un mammifère avec tous les signes caractéristiques d'un membre de cette classe. Elle a le sang chaud, tandis que les poissons ont le sang froid.

Chez la baleine le pelage que possèdent les mammifères 310 est représenté par quelques poils au menton et à la lèvre supérieure, et souvent même ces poils sont seulement présents chez les jeunes animaux. Les membres antérieurs, quoiqu'ils ne soient pas très différents des nageoires, du moins à l'extérieur, possèdent intérieurement les os, les 315 jointures et même une grande partie des muscles, des artères et des nerfs du bras de l'homme. Des traces de membres postérieurs existent dans le corps de l'animal.

La baleine est noire, quelquefois tachetée de gris. Sa tête est le tiers de la longueur totale de son corps. Sa 320 lèvre supérieure est percée de deux trous par lesquels elle jette de l'eau. Sa gueule est énorme ; elle n'a pas de dents, mais des fanons qui ne lui permettent d'avaler que de

petits poissons et des mollusques. Sa langue est de nature  
 325 spongieuse et consiste en une substance dont on retire de  
 l'huile.

La gorge de la baleine est fort étroite, n'excédant que  
 rarement quatre pouces de diamètre; ceci semble très  
 étrange chez un animal de si grande taille et explique  
 330 pourquoi la baleine ne mange que des animaux très petits.  
 D'ailleurs les fanons ne laissent rien passer de gros. La  
 baleine a de petits yeux, pas plus grands que ceux d'un  
 bœuf et qui sont placés de chaque côté de la tête à une  
 assez grande distance l'un de l'autre.

335 La baleine a la peau très lisse; sous cette peau est  
 une épaisse couche de graisse, pour tenir chaud à  
 l'animal. Sa chair est rouge et grossière et un peu comme  
 celle du bœuf; les habitants du Groënland la mangent.  
 Selon Buffon, un célèbre naturaliste français du dix-  
 340 huitième siècle, la baleine pourrait exister mille ans; il est  
 certain qu'elle peut vivre très longtemps.

C'est dans les mers boréales qu'on trouve la plupart des  
 baleines, quoiqu'il y en ait aussi dans les mers australes.  
 On les pêche pour en tirer de l'huile et aussi pour leurs  
 345 fanons qui sont l'objet d'un grand commerce. D'une  
 baleine adulte de grosseur moyenne on retire environ  
 quinze tonnes d'huile et quinze quintaux de fanon de  
 baleine. Les pêcheries les plus importantes sont au  
 Spitzberg, au Groënland, dans la mer d'Hudson, dans le  
 350 détroit de Davis et à la Nouvelle-Zemble.

## 10. LA MORUE.

La morue est un poisson assez grand. La partie supé-  
 rieure de son corps ainsi que les côtés sont vert-foncé avec  
 des taches jaunes, et la partie inférieure est blanche. Elle

*amphibien*

est couverte de petites écailles qui adhèrent à la peau et possède une barbe courte à la mâchoire inférieure. Sa 355 langue est très large et ses dents forment plusieurs rangées comme celles du brochet.

Toutes ces dents sont très utiles à la morue, car c'est un animal extrêmement vorace. Elle mange des quantités de poissons plus petits qu'elle, des mollusques et des crus- 360 tacés ; la coquille des crustacés, avalée par la morue, est dissoute dans son estomac. C'est un poisson très destructeur. La demeure favorite de la morue est un banc de sable où l'eau est peu profonde. *deep*.

C'est au mois de février que la morue dépose ses œufs, 365 et cela en quantités immenses. Elle choisit des mers froides pour les y mettre et puis retourne dans des eaux plus chaudes afin de trouver de la nourriture. On a trouvé dans une seule morue environ huit millions d'œufs qui formaient la moitié du poids total de l'animal. Cependant, 370 il n'y a qu'une petite partie de ces œufs qui éclosent ; autrement les mers seraient infestées de morues.

La morue habite surtout les mers du nord et les mers tempérées de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique et en particulier les côtes de Terre-Neuve et de la Nouvelle- 375 Ecosse, où il y a de grands bancs de sable. Quelques-unes vont au nord de l'Irlande, quoique cela soit rare. On les trouve dans l'Océan Atlantique jusqu'à la latitude de Gibraltar, mais elles n'entrent pas dans la Méditerranée.

Il y a de grandes pêcheries de morues, car c'est un 380 article d'alimentation très recherché. Les pêcheries les plus célèbres sont celles de Terre-Neuve. La morue y est prise en grandes quantités ; on la pêche à la ligne avec un hameçon. Sa voracité lui fait saisir l'appât et ainsi on la prend assez facilement. On mange la morue 385 fraîche ou bien séchée et salée. La pêche commence au

mois de mai et la morue la plus longue peut avoir un mètre cinquante de long.

A part la chair de la morue, on utilise son foie, dont on  
390 extrait de l'huile connue sous le nom d'huile de foie de morue. Ce produit est un reconstituant et peut être un liquide transparent et jaunâtre ou foncé et d'une odeur très désagréable. Cela dépend de la façon dont on le retire du foie.

## 11. LE CARBONE.

395 Le carbone est un corps simple qui existe dans la nature sous deux états, cristallisé ou amorphe. Sous ses formes variées, il est plus ou moins utile et précieux. Sa forme la plus pure est le diamant, qui est un cristal. C'est une  
400 pierre précieuse et aussi le plus dur et le plus brillant des minéraux. Aucun acide ne peut l'attaquer et rien ne peut le rayer. *Scrub*

Le diamant ne peut être taillé qu'avec sa propre poussière. Non seulement il est très recherché comme objet de parure, mais il est aussi fort utile pour couper le verre et  
405 polir d'autres pierres précieuses. Les mines les plus célèbres de diamants sont dans l'Afrique du Sud, les Indes anglaises et l'Australie. Quelques diamants sont devenus fameux, entre autres le Régent qui ornait la couronne royale de France, et le Koh-i-noor, la montagne  
410 de lumière, qui est le plus beau joyau de la couronne britannique.

On trouve du carbone cristallisé sous la forme de graphite. C'est un minéral très différent du diamant en apparence, bien que sa composition soit presque la même.  
415 Il est noir et très peu dur; on l'utilise pour écrire sur

le papier et on en fait alors des crayons. Il n'est pas brillant et ne reflète pas la lumière comme son proche parent le diamant. Il est même assez difficile de croire que c'est vraiment du carbone presque pur, tant il est différent du diamant.

420

Parmi les formes amorphes du carbone nous avons en premier lieu le charbon, un des minéraux les plus importants que nous ayons. Le charbon est le produit qui résulte du bois brûlé à l'abri du contact de l'air.

Toutes nos grandes mines de houille sont d'origine 425 végétale ; dans des temps très éloignés des nôtres, probablement à une période antédiluviennne, d'immenses forêts furent enfouies sous terre.

Les arbres et les fougères gigantesques qui les composaient sont devenus, par le travail des siècles, ce charbon 430 qui nous est si utile. On voit souvent, sur un morceau de charbon de terre, l'empreinte d'une feuille ou d'une tige qui nous rappelle son origine. L'Angleterre et l'Allemagne ont de grandes mines de charbon et en Angleterre elles vont même sous la mer en certains endroits. Les mines de la 435 France, de la Belgique et des États-Unis sont aussi très abondantes.

## 12. LES COQUILLAGES DES MOLLUSQUES.

Les mollusques sont des animaux à corps mou et sans vertèbres, ce sont donc des invertébrés. Quelques-uns sont terrestres, mais la plupart habitent les eaux. Ils 440 possèdent une sorte de squelette, mais de squelette extérieur et non pas intérieur comme chez les animaux supérieurs. Cependant, quelques-uns font exception et ont une sorte de squelette intérieur, bien qu'il ne soit pas du tout semblable à celui des vertébrés.

445

La seiche possède une coquille interne connue sous le nom d'os de seiche. Cependant, les autres membres de sa famille ont des coquilles extérieures; d'ailleurs, il y en a peu de vivants, ils sont presque tous fossiles. Certains  
450 mollusques qui en mangent d'autres sont munis d'un appareil très intéressant avec lequel ils perforent la coquille de leurs ennemis. D'autres peuvent même faire des trous dans le bois et les rocs et causent de grands

455 Les mollusques possèdent un cœur, un appareil digestif, etc., et sont presque tous ovipares. Ils n'ont pas tous une tête et on peut dire que ceux dont la coquille est formée d'une seule partie ont une tête; ceux dont la coquille est composée de deux parties n'en ont pas. Cependant, il ne  
460 faut pas que cette règle soit considérée une vérité absolue, car, comme toute autre règle, elle a ses exceptions.

Un des mollusques les plus communs, la patelle, a la coquille la plus simple qui soit, c'est-à-dire une sorte de bouclier qui protège l'animal. Ces coquilles des mol-  
465 lusques peuvent avoir des formes variées, et être allongées, rondes, en forme de tubes et souvent ornementées. A part leur coquille, les mollusques ont un autre moyen de défense; ils ont quelquefois une membrane qui ferme l'entrée de la coquille.

470 Les escargots de terre dorment pendant l'hiver. Ils construisent une sorte de barrage formé de carbonate de chaux qui disparaît en été. La coquille des mollusques n'est pas toujours dure; au commencement de leur existence, elle est flexible et mince. Peu à peu, la chaux la  
475 rend plus dure et plus épaisse. Ce sont les mollusques vivant dans les eaux courantes contenant beaucoup de chaux qui ont les plus dures et les plus lourdes coquilles.

### 13. LE CORPS HUMAIN.

Le corps de l'homme est l'une des choses les plus intéressantes qui soient. C'est une machine très compliquée et d'une grande perfection. Il est composé principalement d'un squelette, de muscles et d'organes variés. On le divise en trois parties, le tronc, la tête et les membres. L'homme, étant un vertébré, n'a que deux paires de membres, ce nombre étant le maximum dans cette classe.

Le squelette est l'ensemble de tous les os. Quelques-uns sont grands, comme par exemple le fémur, tandis que d'autres sont fort petits et même microscopiques, comme certains os de l'oreille moyenne. Chez les jeunes enfants le nombre des os est plus considérable que chez les grandes personnes, parce que quelques os qui sont soudés plus tard étaient d'abord séparés. C'est le cas de l'os frontal, qui est toujours divisé à la naissance et ne forme généralement qu'un seul os chez les adultes, quoiqu'il y ait des exceptions à cette règle.

La propriété fondamentale des muscles est la contractivité. Le muscle, c'est la chair; un muscle est formé par la réunion de faisceaux musculaires constitués eux-mêmes par des fibres musculaires. Au point de vue physiologique, on distingue deux espèces de muscles: les muscles striés ou muscles volontaires et les muscles lisses ou involontaires. Il y a une exception à cette règle: le cœur, quoiqu'il soit un muscle involontaire, est strié.

Le système nerveux sert à nous mettre en relation avec le monde extérieur; il règle les fonctions des divers organes, les coordonne et les harmonise. Il est divisé en deux parties: le système cérébro-spinal et le système du grand sympathique. Le cerveau fait partie du premier système;



il est situé dans le crâne et est divisé en deux parties qu'on appelle les hémisphères. A leur surface, les hémisphères 510 présentent des circonvolutions formées par la matière grise. Les circonvolutions de l'hémisphère gauche et de l'hémisphère droit ne sont pas symétriques.

Si l'on examine le corps humain et qu'on l'étudie, on trouve des quantités de choses intéressantes. Les dif- 515 férentes fonctions des organes offrent un vaste champ d'étude et il semble qu'on puisse toujours découvrir quelque chose de nouveau et digne d'attention.

#### 14. LA TERRE ET SES MOUVEMENTS.

La terre est une planète et a la forme d'une sphère. Pendant longtemps on croyait que la terre était plate, 520 jusqu'à ce qu'on eût prouvé qu'elle était ronde. Pour démontrer ce fait, on a les voyages de circumnavigation, la disparition graduelle d'un navire à l'horizon en mer, l'ombre toujours ronde de la terre sur la lune et l'élévation toujours plus grande de l'étoile polaire à mesure qu'on 525 approche du pôle. La terre n'est pas une sphère parfaite; elle est aplatie aux deux pôles d'environ 21 kilomètres.

Comme toutes les planètes, la terre tourne autour du soleil. A ce sujet les anciens avaient une autre théorie, la théorie géocentrique. Ils étaient persuadés que tout 530 tournait autour de la terre, mais maintenant on sait que ce n'est pas le cas. Ce mouvement de la terre autour du soleil est appelé mouvement de translation; il a été découvert par Copernic et prouvé par Képler. Il faut que la terre avance pendant environ 365 jours pour achever le 535 tour du soleil.

A part son mouvement de translation, la terre accomplit

un autre mouvement, celui de rotation. La terre, en effet, tourne sur elle-même, et cela une fois par jour. Pendant longtemps personne ne voulait croire que la terre tournait. Galilée, un des plus célèbres astronomes que le monde ait 540 produits, déclara qu'elle tournait. Il passa en jugement, fut condamné, et dut rétracter ce qu'il avait avancé.

Nous savons que la terre fait environ 464 mètres par seconde à l'équateur, ce qui est une vitesse considérable. On donne plusieurs preuves du mouvement de rotation. 545 La première est l'aplatissement polaire. D'autres sont : la déviation des corps vers l'est dans la chute libre, la déviation des vents, des courants, etc. ; il ne nous faut pas oublier de citer une preuve absurde, c'est-à-dire l'impossibilité que des milliers d'étoiles fassent en 24 heures le même 550 tour autour de notre planète.

## 15. L'EAU.

L'eau est un liquide transparent, inodore, incolore, insipide, très répandu dans la nature. C'est un corps composé, résultant de la combinaison de deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, chose que les 555 hommes ont eu de la peine à comprendre ; il leur semblait étrange que deux gaz pussent former un liquide, quoique, à nous, cela paraisse assez naturel.

Prenez n'importe quelle eau naturelle et analysez-la. Vous y trouverez toujours des impuretés ou des minéraux 560 en dissolution. En effet, l'eau pure ne se rencontre guère que dans le laboratoire du chimiste. A cause même de sa nature, l'eau peut dissoudre beaucoup de corps étrangers et absorber des gaz, de sorte que la combinaison d'oxygène et d'hydrogène sans additions est pour ainsi dire introu- 565 vable.

Mettez de l'eau sur le feu et attendez que la température monte à 100° C. Vous remarquerez alors qu'elle est changée en vapeur; on appelle cela le point d'ébullition.  
570 Plus l'eau est froide, plus elle est lourde; cependant le maximum de poids est à 4° C. De ce point jusqu'à 0° C. elle devient plus légère. La glace flotte sur l'eau. Nous connaissons l'eau dans la nature sous les trois formes —gazeuse, liquide et solide.

575 L'eau de mer est différente de l'eau de source ou de l'eau de rivière. Goûtez un peu d'eau de mer et vous lui trouverez un goût très salé et fort désagréable. En effet, elle renferme beaucoup de sel et par conséquent est in-buvable. Toutefois, il est possible d'en tirer de l'eau  
580 douce. Pour cela, prenez de l'eau de mer et mettez-la dans un vase fermé duquel sort un tuyau. Faites communiquer ce tuyau avec un autre vase également fermé placé à quelque distance.

Ces préparatifs achevés, allumez du feu sous le récipient  
585 contenant l'eau. Bientôt cette eau commencera à bouillir et la vapeur cherchera une issue; elle passera par le tuyau et ira dans le second vase. Ce vase n'étant pas exposé à l'action de la chaleur, la vapeur redeviendra de l'eau. Goûtez cette eau; elle n'est plus salée, car le sel est resté  
590 au fond du premier vase, ne pouvant devenir vapeur. On appelle ce procédé distillation.

## 16. LES ALPES.

Regardez la carte de l'Europe, si possible une bonne carte où le relief est bien marqué. Alors il est facile de voir les Alpes, cet énorme massif montagneux de l'Europe

occidentale. Remarquez où la chaîne commence et finit et 595 considérez-en la longueur. Les Alpes vont en effet du col de Cadibone près du golfe de Gênes jusque près de Vienne. Quand vous avez bien vu cela, regardez tout le massif et divisez-le en chaînes.

Vous en trouvez trois principales : les Alpes occiden- 600 tales, les Alpes centrales qui possèdent les plus hauts sommets, et les Alpes orientales. Comparez maintenant les Alpes aux autres montagnes de l'Europe : il est facile de voir sur la carte que ce sont les plus hautes de ce continent. Le sommet le plus élevé est le Mont-Blanc, qui est situé 605 dans les Alpes centrales entre la France, la Suisse et l'Italie et a 4810 mètres de hauteur.

Quittons maintenant la carte et allons dans une des régions alpines les plus frappantes. Qu'y voyez-vous ? D'immenses pics couverts de neige dont la cime semble 610 toucher le ciel ; plus bas des pâturages où paissent les belles vaches suisses ; plus bas encore des forêts, et tout au pied la campagne cultivée. Allons sur un des sommets environnants et regardons en bas. Nous voyons des vallées plus ou moins grandes, des rivières et ces magnifiques lacs 615 aux eaux bleues pour lesquels les Alpes sont renommées.

Essayons de franchir les Alpes. Il nous faut pour cela trouver un col, c'est-à-dire un passage entre deux sommets dont l'altitude peut varier. Les plus célèbres sont : le col du Grand-Saint-Bernard entre la Suisse et l'Italie à 2472 620 mètres d'altitude, où l'on remarque le fameux couvent et où, en hiver, le froid est terrible, le Simplon, le Saint-Gothard et beaucoup d'autres.

Pour faciliter les communications dans les régions des Alpes, on a percé des tunnels sous plusieurs massifs élevés. 625 Le tunnel du Mont-Cenis unit Turin et Lyon ; celui du Saint-Gothard, Bâle et Milan. Pendant longtemps le

Saint-Gothard était le plus long tunnel en existence, mais maintenant on a percé le Simplon, qui le dépasse de  
630 beaucoup.

## 17. L'AIR.

L'air est la substance qui entoure la terre et que nous respirons. Il est inodore, invisible et sans goût et c'est un gaz. Il se compose de plusieurs gaz et les contient dans les proportions suivantes : 21 % d'oxygène,  
635 78 % d'azote qu'on appelle quelquefois nitrogène, 1 % d'argon et un peu d'acide carbonique, environ 0.04 %. Toutefois, la quantité d'acide carbonique varie selon le degré de pureté de l'air et la quantité d'oxygène varie en conséquence.

640 L'oxygène est un gaz très actif. C'est lui que nous respirons et qui purifie le sang veineux dans les p<sup>ou</sup>mons, le changeant en sang artériel. C'est aussi lui qui permet à n'importe quelle substance de brûler, car rien ne peut brûler sans son aide. L'azote est très inactif, il sert à  
645 neutraliser l'action de l'oxygène. Il ne peut pas brûler et aucune substance ne peut y brûler non plus.

L'argon est encore plus inactif que l'azote ; il ne fut découvert qu'en 1894, quoique Cavendish l'eût réellement rencontré plus d'un siècle auparavant et eût pensé que  
650 c'était une impureté de l'air qu'il avait laissée de côté en faisant son expérience. L'acide carbonique se compose d'oxygène et de carbone et provient en grande partie de la respiration des animaux.

La masse d'air qui entoure la terre exerce sur tous les  
655 corps une pression qui s'appelle pression atmosphérique. Cette pression n'est pas toujours la même, mais elle est en

moyenne de quinze livres par pouce carré (1.003 kilogramme par centimètre carré). L'épaisseur de l'atmosphère ne paraît pas dépasser une soixantaine de kilomètres, quoique nous ne soyons pas tout à fait sûrs de ce fait. 660

Ce furent Galilée et son disciple Torricelli qui établirent que l'air est pesant, et la vérité de cette assertion peut facilement se prouver par expérience. On pèse un certain vase plein d'air, puis on en retire l'air au moyen de la machine pneumatique. Ensuite on pèse le vase et la différence de poids s'observe, qui prouve que l'air est lourd. 665 L'air a aussi des températures variées : plus on s'éloigne de la terre, plus il est froid. Cela peut fort bien se remarquer en montant sur une montagne élevée. Au sommet du Mont-Blanc par exemple, l'air est si froid qu'on n'y peut rester longtemps.

Les observations astronomiques ont démontré que d'autres planètes et leurs satellites, la lune exceptée, sont aussi entourés d'une atmosphère ; quant à la nature de cette atmosphère, elle peut être la même que la nôtre ou non, 675 nous n'en savons rien ou du moins pas grand'chose.

### 18. LES DÉSERTS.

Les déserts proprement dits forment une sorte de ceinture autour du monde. En partant du nord de l'Afrique, nous rencontrons le Sahara, cet énorme désert qui pourrait couvrir trois Méditerranées, l'Arabie, l'Iran, le 680 désert Indien, le désert du Turkestan, le Thibet, le Tarim et le désert de Gobi. Sur cette immense surface, les hommes mènent le même genre de vie : ils sont nomades et vont d'une oasis à l'autre montés sur leurs chameaux.

Le Sahara s'étend de l'Égypte à l'océan Atlantique et 865

de la Méditerranée au Soudan. Il faut à une caravane trois mois pour le traverser du nord au sud. Il ne consiste pas seulement en une vaste étendue de sable ; on y voit aussi des plateaux pierreux d'où émergent quelques massifs  
690 de montagnes et de rares oasis. Il est habité par plusieurs races de nomades, les Touaregs, les Maures et autres.

Tous les déserts ne sont pas semblables au Sahara, mais tous se caractérisent par l'absence plus ou moins complète d'eau. Partout où l'on peut trouver de l'eau, la  
695 végétation est assez belle. Dans les oasis se voient des dattiers dont la verdure attire les voyageurs et qui ne se trouvent qu'où il y a de l'eau. Certains déserts, le Sahara entre autres, renferment des lacs salés ou des dépôts de sel, et cela a donné naissance à la théorie que ce sont les lits  
700 d'anciennes mers desséchées.

A part les grands déserts mentionnés ci-dessus, il s'en trouve d'autres quelque peu différents. Il y a par exemple des déserts qui prennent la forme de grandes plaines herbeuses au moins pendant une certaine partie de l'année,  
705 comme c'est le cas dans l'Asie centrale et dans les steppes de Sibérie. Les steppes se rencontrent sur les bords des déserts proprement dits et leur font une sorte de cadre pas entièrement fertile, mais pas non plus tout à fait stérile.

710 Les savanes sont une espèce de steppes ; elles sont couvertes d'herbe haute et possèdent des buissons et des fleurs de toutes couleurs, quoiqu'on n'y voie pas d'arbres. Les savanes couvrent certaines parties de l'Amérique, en particulier de la Guyane. Au nord de la Sibérie se ren-  
715 contrent d'immenses régions gelées qui s'appellent toundras et dans lesquelles ne poussent guère que des mousses.

Si le désert ne nous offre en général qu'une très faible proportion de vie végétale, il possède en revanche une belle

collection d'animaux sauvages. Le Sahara et les autres déserts composant la grande ceinture sont habités par des 720 gazelles, des ânes sauvages, des autruches, des hyènes et des lions.

## 19. LE TRAVAIL DE LA MER.

La mer use et construit ; elle possède une force extraordinaire. En général, c'est lorsqu'elle contient des pierres et des débris qu'elle use le plus. Le vent, soufflant dans la 725 direction de la terre, soulève des vagues plus ou moins fortes qui peu à peu entament les côtes ; les débris arrachés par la vague reculent avec elle, puis reviennent et attaquent la base de la falaise. Bientôt, il se forme une sorte de caverne, et par suite de l'infiltration, la partie supérieure de 730 la falaise se détache et tombe dans la mer.

Au bout d'un certain temps, la terre diminue et c'est ainsi que la mer envahit peu à peu les terres. Les mers à marées désagrègent davantage que les mers sans marées. La mer tend à raser les caps et les îles. D'un autre côté, 735 si un obstacle brise la vague, les débris se déposeront près de la plage et formeront une nouvelle plage empiétant sur la mer. Si par exemple il y a une petite île à l'entrée d'un golfe, les débris s'accumuleront derrière elle jusqu'à ce qu'elle devienne une presqu'île. 740

Dans beaucoup d'endroits, en effet, la mer recule, mais c'est aussi souvent le contraire qui a lieu. Certaines côtes perdent beaucoup de terrain, comme par exemple les côtes de France près de Bordeaux où la mer avance de vingt à 745 vingt-cinq centimètres par année. L'île Helgoland a, en quatre ou cinq siècles, perdu la moitié de son territoire.

Une quantité d'archipels ne sont que des restes de



continents. L'archipel indien est un reste de l'Asie et on appelle ces îles îles continentales. Les débris emportés  
750 aux côtes vont exhausser le fond de la mer ; des calcaires en poudre se forme le squelette des animaux marins. Les îles madréporiques s'élèvent aux points où les débris s'entassent sur l'édifice madréporique et apparaissent alors au-dessus de l'eau.

755 La mer est aussi la cause de l'existence des dunes, excepté peut-être de celles du Sahara. Quand elle se retire à marée basse, elle laisse derrière elle une zone sableuse ; sur cette zone il se produit une grande évaporation, les sables sèchent et le vent peut alors les transporter facilement. Supposons  
760 alors qu'un obstacle se présente en route : le sable s'y arrêtera et formera un amas ; quand cet amas sera à la hauteur de l'obstacle, le sable s'écoulera de l'autre côté. Ainsi une dune se sera formée ; la pente en sera douce du côté de la mer et abrupte de l'autre côté.

765 Ces dunes ne sont pas immobiles, elles avancent ou reculent plus ou moins vite. On en a vu qui faisaient cinquante mètres par an ; celles de Gascogne faisaient de vingt à vingt-cinq mètres et on a dû les "clouer" à l'aide de plantations de pins maritimes. Le Sahara possède deux  
770 sortes de dunes, maritimes et continentales ; ces dernières proviennent de la région intérieure du Sahara.

## 20. LES SOURCES.

Une grande partie de l'eau de pluie est reçue par la terre, où elle disparaît. Sous le sol, elle s'accumule jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable et que la pression  
775 de la colonne descendante la force à se trouver une issue à la surface. L'endroit où cette eau quitte la terre est une source.

La température des sources nous renseigne sur la profondeur de laquelle l'eau arrive ; cependant, cette information n'est pas toujours correcte, et on ne peut trop s'y fier. 780 Cette température est très variable : certaines sources sont seulement à un degré au-dessus de zéro, tandis que d'autres ont la température de l'eau bouillante.

On peut dire que les sources très froides sont originaires de montagnes froides ou couvertes de neige. Mais elles 785 sortent quelquefois de glaciers situées dans des districts comparativement chauds et bas.

Les sources les plus chaudes se rencontrent dans les régions volcaniques, quoique, même à de grandes distances d'un volcan, on ait trouvé des sources thermales. C'est 790 le cas des sources thermales de Bath, dont la température est de cent vingt degrés Fahrenheit et qui ne sont dans le voisinage d'aucun volcan. Elles sont probablement sorties d'une très grande profondeur.

Une source renferme toujours une certaine quantité 795 de minéraux en dissolution chimique. Cette substance minérale est obtenue des rochers à travers lesquels l'eau a passé, soit en descendant de la surface à l'intérieur, soit aussi en remontant de l'intérieur à la surface. La qualité et la quantité des substances minérales dépend de la com- 800 position des rochers, des acides et des gaz présents dans l'eau, de la profondeur qui a été atteinte par l'eau et de la température à laquelle elle est montée.

Les sources ordinaires contiennent de l'air, du carbonate ou du sulfate de chaux, du sel et quelquefois des matières 805 organiques. Ces substances en dissolution n'excèdent pas de 0.5 à 1 gramme par litre. On appelle eaux minérales celles dans lesquelles ont été dissous des minéraux en quantités plus grandes, de 1 à 300 grammes par litre. Les sources minérales sont arrangées en groupes selon leur composition. 810

Il y a les sources calcaires, qui renferment beaucoup de chaux. Si l'eau s'évapore, la chaux qui est restée forme une sorte de croûte blanche, parfois très épaisse quand une grande quantité de chaux est dissoute dans l'eau. Les  
815 eaux calcaires se trouvent dans les régions calcaires, comme on peut facilement le deviner.

Les eaux ferrugineuses sont celles qui sont très riches en fer. On les rencontre dans les districts où les rochers renferment du fer en combinaisons variées. Ces eaux ont  
820 le goût d'encre et déposent où elles passent une substance jaunâtre ou brunâtre. Elles sont beaucoup employées en médecine. Certaines eaux déposent du silic, on les appelle eaux siliceuses. Elles sont généralement chaudes, comme par exemple les geysers de l'Islande, de la Nouvelle-  
825 Zélande et de la Yellowstone dans les Etats-Unis.

On rencontre quelquefois des eaux salées dans les endroits où il y a des blocs de sel sous la terre, comme c'est le cas à Bex en Suisse et dans le comté de Chester. A part les eaux mentionnées ci-dessus, il y en a d'autres  
830 employées en médecine et à qui l'on a donné le nom un peu vague d'eaux médicinales. Ce sont les eaux alcalines comme celles de Vichy, les eaux sulfureuses comme celles d'Aix-la-Chapelle et de Harrogate.

Quelquefois l'eau contient de l'huile en petite quantité.  
835 Alors cette huile flotte à la surface en gouttes. Mais il peut arriver que l'huile sorte de la terre avec peu ou point d'eau, et on a alors une source d'huile minérale telle que celles qu'on rencontre au Canada.

**21. LA RÉPARTITION ET L'ÉRUPTION DES VOLCANS.**

On peut dire qu'il existe des volcans sur toute la surface de la terre, mais il faut remarquer que l'intérieur des 840 continents actuels ne renferme aucun volcan actif. C'est au bord de la mer qu'ils sont distribués, surtout autour de l'Océan Pacifique où ils forment une suite ininterrompue, le Cercle de Feu. Dans le Pacifique lui-même, il se trouve quelques groupes isolés et une multitude de volcans 845 sous-marins.

Une autre ligne volcanique va des Antilles aux îles Sandwich en passant par la Méditerranée, le Caucase, l'Océan Indien, la Polynésie. Il est important de remarquer que les volcans n'existent pas sur les côtes plates, 850 ni près des mers peu profondes. Ils sont toujours sur les côtes bordées de ressauts brusques de l'écorce terrestre, ces ressauts coïncidant naturellement avec de grandes profondeurs océaniques.

Or, partout où ces grands mouvements de l'écorce se 855 sont produits, des cassures se sont effectuées. Ces cassures établissent naturellement une communication entre la partie du globe au-dessous de l'écorce et la surface. C'est par ces fentes que s'écoulent les matières ignées. Chaque bouche volcanique marquerait ainsi le sommet 860 d'une cassure.

Quant à la cause qui détermine l'éruption, les géologues ne sont pas d'accord. Les uns admettent l'intervention des eaux marines uniquement, d'autres ne la trouvent pas forcément nécessaire. Les gaz qui sont dissous dans le 865 réservoir interne suffiraient à expliquer le phénomène.

L'éruption volcanique débute généralement par un panache de fumée qui couronne le cratère pendant un

certain temps, puis par des craquements qui font souvent  
870 écrouler les parois du cratère. Ensuite, une immense  
colonne de vapeur d'eau (qui peut s'élever à plus de dix  
mille mètres) s'élance vers le ciel, entraînant avec elle des  
pierres et des cendres.

Après ce phénomène d'explosion arrive le courant de  
875 lave, c'est-à-dire de pierre fondue, qui s'échappe, soit  
par dessus les bords du cratère, soit par des fentes prati-  
quées le long des flancs du cône. La vitesse de la marche  
de la lave dépend de sa fluidité, de l'importance de sa  
masse et de la pente du terrain. La plus grande vitesse  
880 observée est de huit mètres per seconde.

La lave forme des coulées de constitution variable et  
de composition qui diffère. Mais toutes sont des silicates,  
c'est-à-dire des substances riches en silice. Leur fluidité  
varie; il y en a qui sont pâteuses, d'autres presque  
885 liquides. La température de la lave doit être très élevée.  
On admet qu'elle dépasse mille degrés centigrade.

Les volcans modernes sont beaucoup moins puissants  
que ceux des temps passés. Il y en a aussi beaucoup  
moins, comme la présence de volcans éteints semble l'in-  
890 diquer. C'est probablement le résultat du refroidisse-  
ment graduel de la terre et selon toute probabilité les  
volcans deviendront de moins en moins nombreux et de  
plus en plus faibles.

## 22. LA PÊCHE EN ISLANDE.

On a pêché la morue sur les côtes d'Islande depuis le  
895 onzième siècle. Pendant longtemps le seul port de départ  
des bateaux de pêche était Dunkerque, mais maintenant ils  
partent d'autres endroits, par exemple de la Bretagne et

surtout de Paimpol et de Saint-Brieuc. Les navires se mettent en route au mois de février, emportant la provision de sel nécessaire à la préparation du poisson. La vie des 900 pêcheurs islandais est très pénible, car il y a beaucoup de privations à endurer avec un tel métier. Il leur faut se contenter d'une nourriture grossière et peut-être insuffisante, travailler souvent au milieu de la brume et des orages et braver de grands dangers. Nombreux sont les 905 bateaux qui ne reviennent pas, et l'on ne voit que trop l'inscription "Disparu en mer" dans les cimetières de Bretagne.

Tous ces pêcheurs sont fort pauvres : ils ne gagnent que de quatre à cinq cents francs par an. A part les 910 pêcheurs venus du continent, il y a les Islandais eux-mêmes qui vivent du produit de leur pêche. Etant pauvres, ils vendent tout le poisson qu'ils ont pris et ne gardent que les têtes pour leur alimentation. C'est en juillet que les morues sont le plus abondantes et on travaille alors jour et 915 nuit, quoique, à vrai dire, il n'y ait pas de nuit. On a vu quelquefois des bancs de morue de cent mètres de profondeur défilier pendant des heures entières. Ces morues se voient poursuivies non seulement des hommes, mais aussi des dauphins et des requins. Il faut ajouter que deux 920 navires de guerre suivent la flottille de pêche. Ils sont chargés de faire observer les règlements et de régler les contestations. En outre ils doivent recueillir les malades et réparer les avaries. Pendant la saison de pêche ils vont d'un port à l'autre et tiennent les bateaux pêcheurs au 925 courant de leurs mouvements.

La capitale de l'Islande, Reikiavik, n'est qu'une petite ville. Les habitants islandais en sont pauvres, comme ceux du reste de l'île ; ils ont de petites maisons avec un jardin où croissent quelques légumes et quelquefois une 930

sorte de cabane où ils font sécher leur poisson. Cependant, si l'Islandais n'est pas assez riche, il se passe de cette cabane et les morues doivent sécher en plein air.

Quand la saison de pêche est passée, l'île reste presque  
935 sans communications avec le reste de l'Europe, la navigation étant très dangereuse près des côtes à partir du mois d'octobre.

### 23. L'HYGIÈNE.

"Hygiène" a pour étymologie un mot grec signifiant "santé." L'hygiène est donc une science qui s'occupe de  
940 la santé des hommes et de toutes les choses s'y rapportant. Elle démontre comment l'on doit vivre pour éviter les maladies et les infirmités. En Angleterre, on ne s'occupa guère d'hygiène jusqu'à une période très rapprochée de la nôtre, et cela explique les épidémies sans nombre du moyen-  
945 âge et même des temps modernes.

Tout le monde a entendu parler de la grande peste qui sévit à Londres en 1665 et pendant laquelle cent mille personnes périrent. Nous savons que de telles catastrophes étaient occasionnées par le mauvais état des maisons et  
950 des rues, la saleté et l'absence de drainage.

L'hygiène s'occupe de tout cela et donne des règles précises concernant l'homme, son corps et son habitation. En obéissant à ces lois, on évite non seulement le danger de terribles épidémies, mais aussi celui de maux indi-  
955 viduels.

Ce fut après le grand incendie de Londres, qui se chargea de désinfecter la capitale en 1666, que les gens commencèrent à réaliser l'importance de la propreté et du bon air. On bâtit alors des maisons d'une façon plus saine,

on eut des rues plus larges, et la santé générale s'améliora 960  
beaucoup en conséquence.

Peu à peu, l'hygiène fit des progrès, mais c'est surtout pendant ces trente dernières années que des travailleurs sérieux et zélés se sont efforcés de découvrir la cause des maladies et d'être ainsi à même d'y remédier. 965

Toutefois, cela ne suffit pas ; il faut aussi que chacun soit en état de comprendre la valeur des lois hygiéniques et de s'y conformer. Nous n'avons plus à redouter, il est vrai, les grands ravages engendrés par la peste, mais il y a encore nombre de maux qui pourraient et devraient 970 être évités. Malheureusement, cela ne peut se faire en un jour et nous devons nous en remettre à l'avenir.

## 24. HISTOIRE DE LA CHIMIE.

L'histoire des sciences naturelles ressemble à celle des nations en ce qu'elles ont toutes deux pour but d'étudier les causes qui produisent certains effets et d'en tirer des 975 lois. Le point de départ des deux est le même : ni l'une ni l'autre ne proclame de lois pour commencer. Nous pouvons observer les efforts lents et persévérants de l'esprit humain qui s'évertue à remonter des effets aux causes avant de poser des lois. 980

La chimie ne doit pas l'existence à une seule nation ou à un développement soudain. On peut la comparer à un édifice dont les fondations ont été posées par les Orientaux, dont les murs ont été élevés au moyen-âge et continués par Lavoisier, Cavendish et d'autres. Les savants de notre 985 époque construisent le toit. Toutefois, il est probable que les générations de l'avenir agrandiront et orneront de plus en plus l'édifice.



Les anciens réalisaient jusqu'à un certain point bon  
990 nombre de faits chimiques. Nous ignorons comment ils  
obtinrent leur information; ce fut peut-être par hasard,  
peut-être aussi à la suite d'expériences. Aristote recon-  
naissait quatre éléments dont il donne les propriétés  
physiques. En Orient on avait des idées semblables  
995 aux siennes et les Hindous admettaient cinq éléments: le  
feu, la terre, l'eau, l'air et l'éther.

Pendant le moyen-âge il y eut une grande école, celle  
des alchimistes. Du onzième au quinzième siècle, l'alchimie  
fut étudiée avec enthousiasme en Italie, en France, en  
1000 Angleterre et en Allemagne. Les alchimistes avaient  
certainement des idées étranges et pensaient qu'un métal  
pouvait se changer en un autre métal. Cette croyance est  
d'origine grecque: les Grecs pensaient que l'or pouvait se  
fabriquer et que ce métal prenait différents aspects avant  
1005 de devenir ce qu'il est. Cependant, les alchimistes con-  
naissaient quelques-unes des propriétés des corps.

Le but suprême des alchimistes avait été de trouver la  
pierre philosophale qui leur eût donné le pouvoir de faire  
de l'or. Avec Paracelse une nouvelle phase commença, celle  
1010 de mettre la chimie au service de la médecine. Ce savant  
déclara que l'utilité de la chimie consistait à préparer des  
remèdes et il eut beaucoup de partisans et de disciples.

Le nom de chimie avait fait son apparition au onzième  
siècle, mais ce mot signifiait alors "préparation de l'or et  
1015 de l'argent." Plus tard la chimie montra les relations  
et les limites des propriétés des corps. Au dix-huitième  
siècle il y eut grand progrès en chimie. Parmi d'autres  
noms célèbres nous pouvons citer ceux de Cavendish, qui  
découvrit la différence entre l'hydrogène et l'azote et  
1020 démontra que l'oxygène et l'hydrogène sont les constitu-  
ants de l'eau; Lavoisier, qui soutint que l'oxygène et

l'hydrogène sont des éléments et infusa une nouvelle vie à la chimie; Faraday et beaucoup d'autres.

L'électro-chimie prit naissance vers le commencement du dix-neuvième siècle, époque à laquelle l'eau fut décomposée <sup>1025</sup> sous l'action de la pile de Volta. Depuis lors il y a eu des découvertes importantes et il s'en fait de nouvelles chaque jour. Les grands savants ont, par leurs travaux incessants, élevé la chimie à la place d'honneur qu'elle <sup>1030</sup> occupe aujourd'hui.

# MATHEMATICAL SYMBOLS.

## HOW TO READ THEM ALOUD IN FRENCH.

$a < b$	$a$ plus petit que $b$ .
$a > b$	$a$ plus grand que $b$ .
$a \neq b$	$a$ différent de $b$ .
$a \equiv b$	$a$ identique à $b$ .
$-$	moins.
$+$	plus.
$\times$	multiplié par.
$:$	divisé par.
$a^2$	$a$ au carré, ou $a$ deux.
$a^3$	$a$ au cube, ou $a$ trois.
$a^4 \dots$	$a$ à la quatrième puissance, ou $a$ quatre, .
$\sqrt{a}$	racine carrée, cubique, emmième de $a$ , etc
$\sqrt[3]{a}$	
$\sqrt[n]{a}$	$a$ puissance $n$ .
$\int \dots$	somme de . . .
$\Sigma$	sigma de . . . (revient à somme de . . .)
$a = b$	$a$ égale $b$ .
$a - b$	$a$ moins $b$ .
$(a + b)$	$a$ plus $b$ .
$a \times b$	$a$ multiplié par $b$ .
$a : b$	$a$ divisé par $b$ .
$\frac{a}{b}$	$a$ sur $b$
$(a + b)^m$	$a$ plus $b$ à la puissance $m$ .
$x = \log_a y$	$x$ égale logarithme $a$ de $y$ .
$L \dots$	logarithme de . . .

$$y' = -mx^{-m-1} = \frac{-m}{x^{m+1}} \quad \text{se lit :}$$

$y$  prime égale moins  $mx$  à la puissance moins  $m$  moins 1 égale moins  $m$  sur  $x$  à la puissance  $m$  plus 1.

$$y = \frac{x}{2} \sqrt{x^2 + p^2} + \frac{p^2}{2} L \left( x + \sqrt{x^2 + p^2} \right) \quad \text{se lit :}$$

$y$  égale  $x$  sur 2 racine carrée de  $x$  deux plus  $p$  deux plus  $p$  deux sur deux logarithme de  $x$  plus racine carrée de  $x$  deux plus  $p$  deux.

En chimie les corps se représentent par des lettres, et s'énoncent en lisant les lettres avec leurs exposants :

$\text{SO}^4\text{H}^2$  se lit, SO quatre H deux.

$\text{P}^2\text{O}^6$  se lit, P deux O cinq, etc.

## PART V.

### MATHÉMATIQUES.

#### NOTION DE LA DIVISION.

**Division exacte.**—Une mère a 12 gâteaux pareils qu'elle **Ma.** veut partager équitablement entre ses 3 enfants. Comme 12 est égal à 3 fois 4, on voit de suite qu'elle devra donner à chaque enfant 4 gâteaux.

L'opération qui consiste à partager 12 en 3 parties égales 5 est une *division*. 12 est ce qu'on appelle le *dividende*, et 3 le *diviseur*. Le résultat 4 est le *quotient*.

Diviser *exactement* un nombre appelé dividende par un autre nombre appelé diviseur, c'est trouver un troisième nombre appelé quotient dont le produit par le diviseur est 10 égal au dividende.

L'opération ainsi définie n'est pas toujours possible.

Par exemple, il n'existe aucun nombre entier dont le produit par 3 est égal à 13, car le produit de 3 par 4 et par tout nombre plus petit que 4 est plus petit que 13 et le produit de 3 par un nombre 15 plus grand que 4 est plus grand que 13.

Lorsque l'opération est possible, on dit que le dividende est **EXACTEMENT DIVISIBLE** ou, plus brièvement, **DIVISIBLE** par le diviseur.

Ainsi, 12 est *divisible* par 3, puisque  $12 = 4 \times 3$ ;

54 est *divisible* par 6, puisque  $54 = 9 \times 6$ .

**Ma.** Moitié, tiers, quart, etc.—Prendre la *moitié*, le *tiers*, le *quart*, le *cinquième*, le *sixième* d'un nombre, c'est diviser ce nombre par 2, 3, 4, 5, 6, lorsque ces divisions sont *possibles*.

25 La *moitié* de 12 est 6, car le quotient de 12 par 6 est 2, puisque  $12 = 6 \times 2$ .

Le *tiers* de 12 est 4, car le quotient de 12 par 3 est 4, puisque  $12 = 4 \times 3$ .

Le *quart* de 12 est 3, car le quotient de 12 par 4 est 3, puisque 30  $12 = 3 \times 4$ .

### MULTIPLICATION ET DIVISION D'UNE FRACTION PAR UN NOMBRE ENTIER.

**Définition.**—*Multiplier une fraction par un nombre entier, c'est faire la somme d'autant de fractions égales à la fraction proposée qu'il y a d'unités dans le multiplicateur.*

**Produit d'une fraction par un entier.**—Multiplier  $\frac{3}{5}$  par 4, 35 c'est faire la somme  $\frac{3}{5} + \frac{3}{5} + \frac{3}{5} + \frac{3}{5}$  de quatre fractions égales à  $\frac{3}{5}$ . Cette somme est  $\frac{3+3+3+3}{5}$  ou  $\frac{3 \times 4}{5}$ , car la somme de quatre nombres égaux à 3 est  $3 \times 4$ .

On voit que le produit s'obtient en multipliant le numérateur du multiplicande par le multiplicateur 4.

40 **Règle.**—*Pour multiplier une fraction par un nombre entier, on multiplie le numérateur de la fraction par le nombre entier sans changer le dénominateur.*

**Cas où le multiplicateur divise exactement le dénominateur.**—Supposons maintenant qu'on veuille effectuer le 45 produit de  $\frac{5}{24}$  par 4.

En appliquant la règle précédente, on a

Ma.

$$\frac{5}{24} \times 4 = \frac{5 \times 4}{24}$$

Or, dans la fraction  $\frac{5 \times 4}{24}$ , les deux termes sont *divisibles* par 4.

On peut effectuer cette division sans changer la valeur de la fraction et on a

50

$$\frac{5}{24} \times 4 = \frac{5}{6}.$$

Si l'on remarque que  $\frac{5}{6}$  se déduit de  $\frac{5}{24}$  en *divisant le dénominateur* par 4, on arrive à la conclusion suivante :

**Règle.**—*Pour multiplier une fraction par un nombre entier qui est un diviseur du dénominateur de cette fraction, 55 il suffit de diviser le dénominateur par ce nombre entier sans changer le numérateur.*

Ainsi, on a  $\frac{15}{121} \times 11 = \frac{15}{11}$ , car  $121 = 11 \times 11$ ;

$$\frac{16}{75} \times 5 = \frac{16}{15}, \text{ car } 75 = 15 \times 5.$$

## PROPRIÉTÉ DES NOMBRES DÉCIMAUX.

**Principe.**—*Lorsque dans un nombre décimal on avance 60 la virgule de 1, 2, 3 rangs vers la gauche, on divise ce nombre par 10, 100, 1000.*

Diviser un nombre décimal par 10, 100, 1000, c'est trouver un autre nombre décimal dont le produit par 10, 100, 1000 soit égal au nombre donné.

65

Cette propriété est une conséquence immédiate de la précédente.

Soit, par exemple, le nombre 791,75. Si nous avançons la virgule de deux rangs à gauche, nous obtenons 7,9175, qui est égal à

a. 791,75 : 100 ; car pour multiplier 7,9175 on recule la virgule de 71 2 rangs à droite, ce qui donne bien 791,75.

De même  $438,15 : 10 = 43,815$ ,  
 $7032 : 1000 = 7,032$ .

On peut toujours avancer la virgule d'autant de rangs 75 que l'on voudra à gauche, en ajoutant au besoin des zéros à la gauche.

Ainsi, pour diviser 4,81 par 1000, nous l'écrirons 0004,81 et nous avancerons la virgule de 3 rangs, ce qui donne 0,00481.

On a de même  $0,75 : 100 = 0,075$  ;  
 80  $2,301 : 10000 = 0,0002301$ .

La propriété précédente peut encore s'énoncer ainsi :

*Pour diviser un nombre décimal par un nombre formé de l'unité suivie de zéros, on avance la virgule d'autant de rangs à gauche qu'il y a de zéros dans le diviseur.*

85 **Application.**—*Étant donnés deux nombres décimaux, reconnaître lequel est le plus grand.*

Pour cela, on s'arrange de façon que les deux nombres aient le même nombre de chiffres décimaux et l'on regarde quel est le plus grand des deux nombres entiers obtenus 90 en supprimant les virgules.

Soit, par exemple, à comparer 7,25 et 47,3. Ces deux nombres s'écrivent 7,25 et 47,30 ; ce sont donc 725 et 4730 centièmes. Il est clair que 4730 centièmes est plus grand que 725 centièmes ; on a donc  $47,3 > 7,25$ .

## CARRÉS ET RACINES CARRÉES.

95 **Définition.**—*On appelle carré d'un nombre le produit de ce nombre par un nombre qui lui est égal.*

Le carré de 3 est  $3 \times 3 = 9$ . Le carré de 100 est  $100 \times 100 = 10000$ . Le carré de 0,5 est  $0,5 \times 0,5 = 0,25$ .

On désigne le carré d'un nombre en écrivant ce nombre **Ma.** une seule fois et plaçant en haut à droite le chiffre 2, qu'on appelle l'*exposant*.

Ainsi :  $3^2$  est le carré de 3 ;  $100^2$  est le carré de 100.

**Carrés des nombres plus petits que 10.**—Les carrés des nombres de 1 à 9 sont inscrits dans la diagonale de la table de Pythagore. Ce sont :

105

*Nombres :* 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

*Carrés :* 1 4 9 16 25 36 49 64 81 100

Il faut savoir ces carrés par cœur.

Il est aussi utile de connaître les carrés de 11 et 12, qui sont 121 et 144.

110

**Racine carrée exacte.**—On dit qu'un nombre est un carré parfait lorsqu'il est le carré d'un autre nombre.

Ainsi 9 est un carré parfait, car c'est le carré de 3 ; 0,25 est un carré parfait, car c'est le carré de 0,5.

*Extraire la racine carrée d'un nombre qui est carré par-* 115  
*fait, c'est trouver le nombre dont il est le carré.*

On désigne la *racine carrée exacte* d'un nombre en écrivant ce nombre sous le signe  $\sqrt{\quad}$ .

Par exemple, la racine carrée de 49 est 7, puisque 49 est le carré de 7, et l'on écrit

120

$$\sqrt{49} = 7.$$

La racine carrée de 0,64 est 0,8, car le carré de 0,8 est 0,64, et l'on écrit

$$\sqrt{0,64} = 0,8.$$

**Racine carrée approchée.**—On appelle racine carrée 125  
approchée, à une unité près, d'un nombre, le plus grand



**Ma. nombre entier dont le carré est contenu dans le nombre donné.**

Ainsi, la racine carrée approchée, à une unité près, de 72 est 8, car le carré de 8, qui est 64, est contenu dans 72 et le carré de 9, qui est 81, n'est pas contenu dans 72. 8 est donc le plus grand nombre entier dont le carré soit contenu dans 72.

### TANGENTE.

**Tangente.**—Soit  $M$  un point d'un cercle (Fig. 1). Prenons sur ce cercle un autre point  $M'$ , traçons la sécante  $MM'$  et imaginons que le point  $M'$  se déplace sur le cercle en se rapprochant de  $M$ . La sécante  $MM'$  tournera autour du point  $M$  et passera par des positions successives  $MM''$ ,  $MM'''$ , etc., telles que l'arc sous-tendu devienne de plus en plus petit. A la limite, lorsque le point  $M'$  sera venu se confondre avec  $M$ , la sécante  $MM'$  occupera une position extrême  $MT$  qu'on appelle la *tangente* en  $M$  au cercle.

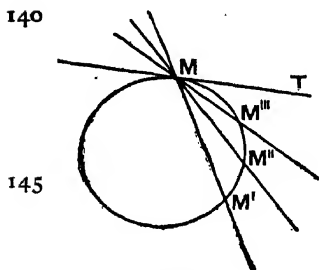


Fig. 1.

En d'autres termes :

*La tangente en un point d'un cercle est la limite des positions d'une sécante passant par ce point, et dont les deux points d'intersection avec le cercle se rapprochent indéfiniment jusqu'à se confondre.*

Le point de la tangente, suivant lequel les deux points d'intersection de la sécante sont venus se confondre, est ce qu'on appelle le *point de contact*.

La tangente n'a qu'un point commun avec le cercle, qui est son point de contact.

## TANGENTES COMMUNES À DEUX CERCLES.

**Construction.**—*Construire les tangentes communes extérieures à deux cercles.* Supposons le problème résolu et soit  $AA'$  une tangente commune extérieure touchant les cercles de centres  $O$  et  $O'$  en  $A$  et  $A'$ . Les rayons  $OA$  et  $O'A'$  sont parallèles, car ils sont tous deux perpendiculaires sur  $AA'$ .

Si donc on fait exécuter à  $O'A'$  un mouvement de translation parallèle, de façon que  $A'$  vienne en  $A$ , le point  $O'$

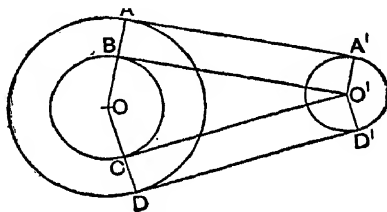


Fig. 2.

viendra en un point  $B$  de  $OA$ , les segments  $O'A'$  et  $BA$  sont égaux et de même sens. On a donc :

$$OB = OA - AB = OA - O'A' = R - R',$$

$R$  et  $R'$  étant les rayons des cercles. Or,  $O'B$  étant parallèle à  $AA'$  est perpendiculaire à  $OB$  et, par suite, tangente au cercle décrit de  $O$  comme centre avec  $OB$  pour rayon. 170

D'où la construction :

De  $O$  comme centre, avec la différence  $R - R'$  des rayons des deux cercles comme rayon, on trace un cercle. De  $O'$  on mène les tangentes  $O'B$  et  $O'C$  à ce cercle. Les rayons  $OB$  et  $OC$  prolongés coupent le cercle  $O$  en  $A$  et  $D$ . 175

Les tangentes communes cherchées sont les parallèles  $AA'$  et  $DD'$  menées par  $A$  et  $D$  à  $O'B$  et  $O'C$ .

**Ma.** Pour que la construction soit possible il faut que  $O'$  soit extérieur au cercle auxiliaire, c'est-à-dire que

$$180 \quad OO' > R - R';$$

cela revient à dire que l'un des cercles n'est pas intérieur à l'autre.

### COMPARAISON DES AIRES.

**Théorème.** *Le carré construit sur l'hypoténuse d'un triangle rectangle est équivalent à la somme des carrés construits sur les deux côtés de l'angle droit.*

185 Du sommet  $A$  de l'angle droit abaissons sur l'hypoténuse  $BC$  la perpendiculaire  $AM$  et prolongeons-la jusqu'au point  $L$  : elle partage le carré  $BCED$  construit sur l'hypoténuse en deux rectangles  $BMLD$ ,  $MCEL$ .

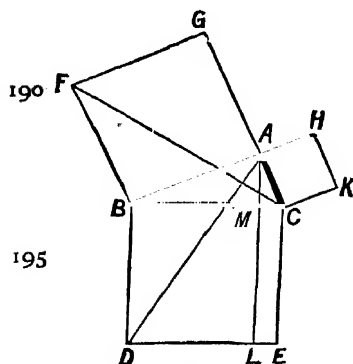


Fig. 3.

200 Considérons d'abord le premier de ces rectangles ; il est facile de démontrer qu'il est équivalent au carré  $ABFG$  construit sur le côté  $AB$  de l'angle droit. En effet, menons les diagonales  $FC$ ,  $AD$  : le triangle  $ABD$  a la même base  $BD$  que le rectangle  $BMLD$  et la même hauteur  $BM$ , car telle serait la distance du sommet  $A$  du triangle à sa base  $BD$  prolongée : donc (Fig. 3) l'aire de ce triangle est la moitié de celle du rectangle. Un raisonnement analogue prouve que le triangle  $BCF$  ayant même base  $BF$  et même hauteur  $AB$  que le carré  $ABFG$ , son

205 aire est la moitié de celle du carré.

Mais les triangles  $ABD$ ,  $BCF$  ont un angle égal compris entre deux côtés égaux chacun à chacun ; car, d'après la

construction de la figure, les côtés  $AB$ ,  $BD$  de l'un égalent  $Ma$ . respectivement les côtés  $BF$ ,  $BC$  de l'autre, et chacun des angles  $ABD$ ,  $CBF$  compris entre ces côtés est égal à  $210$  l'angle  $ABC$  augmenté d'un angle droit: ces triangles sont donc égaux et, par suite, la moitié de la surface du rectangle  $BMLD$  égale la moitié du carré  $ABFG$ ; en d'autres termes, la rectangle est équivalent au carré.

Nous démontrerions de la même manière que le rect-  $215$  angle  $MCEL$  est équivalent au carré  $ACKH$ . Donc la somme des deux rectangles ou le carré construit sur l'hypoténuse est équivalent à la somme des carrés construits sur les deux autres côtés.

## ÉGALITÉ DES ANGLES TRIÈDRES.

**Théorème.** *Deux angles trièdres  $SABC$ ,  $S'A'B'C'$  sont  $220$  égaux lorsqu'ils ont un angle dièdre égal compris entre deux faces égales chacune à chacune et disposées dans le même ordre.*

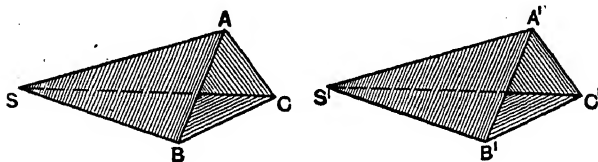


Fig. 4.

Supposons, en effet, l'angle dièdre  $SB$  égal à l'angle dièdre  $S'B'$ , la face  $ASB$  égale à la face  $A'S'B'$  et la face  $BSC$  égale à la face  $B'S'C'$ . Si nous portons l'angle  $225$  trièdre  $S'A'B'C'$  sur l'angle trièdre  $SABC$ , de manière que l'angle dièdre  $S'B'$  coïncide avec l'angle dièdre  $SB$ , les arêtes  $S'A'$ ,  $S'C'$  s'appliquent respectivement sur les arêtes

**Ma.** SA, SC, puisque les angles plans ASB, A'S'B' sont égaux  
 230 ainsi que les angles plans BSC, B'S'C'. Les angles trièdres  
 SABC, S'A'B'C' coïncidant dans toutes leurs parties sont  
 donc égaux.

**Théorème.** Deux angles trièdres SABC, S'A'B'C' sont  
 égaux lorsqu'ils ont une face égale adjacente à deux angles  
 235 dièdres égaux chacun à chacun et que les faces homologues  
 sont disposées dans le même ordre.

Supposons la face ASC égale à la face A'S'C', l'angle  
 dièdre SA égal à l'angle dièdre S'A' et l'angle dièdre SC  
 égal à l'angle dièdre S'C'. Si nous portons l'angle trièdre  
 240 S'A'B'C' sur l'angle trièdre SABC, de manière que la face  
 A'S'C' coïncide avec la face égale ASC, les plans A'S'B',  
 B'S'C' s'appliquent respectivement sur les plans ASB,  
 BSC, puisque les angles dièdres SA, S'A' sont égaux  
 ainsi que les angles dièdres SC, S'C'. Les deux angles  
 245 trièdres SABC, S'A'B'C' coïncidant dans toutes leurs  
 parties sont donc égaux.

### DE L'ELLIPSE.

**Théorème.** L'ellipse a pour axes: 1° la ligne AA' qui  
 passe par les deux foyers; 2° la perpendiculaire BB' à  
 cette droite menée par le milieu O de la distance focale FF'.  
 250 1° Soient, en effet, M et M' deux points de l'ellipse,  
 déterminés par l'intersection de deux circonférences de  
 cercle décrites des foyers F et F' comme centres. La ligne  
 AA' qui passe par les centres de ces circonférences de  
 cercle est perpendiculaire sur le milieu de la corde MM' qui  
 255 leur est commune. Si donc nous faisons tourner autour  
 de AA' comme charnière la partie supérieure de l'ellipse,  
 pour la rabattre sur la partie inférieure, les angles en P  
 étant droits, MP s'applique sur PM', le point M sur le

point  $M'$ ; et, comme il en est de même pour tous les points **Ma.** deux à deux, la demi-ellipse  $AMA'$  coïncide avec la demi-ellipse  $AM'A'$ . Ainsi, la droite  $AA'$  est un axe.

2° Soient maintenant  $N$  et  $N'$  deux autres points de la courbe, déterminés par l'intersection de deux circonférences de cercle décrites, la première du foyer  $F$  comme centre, avec un

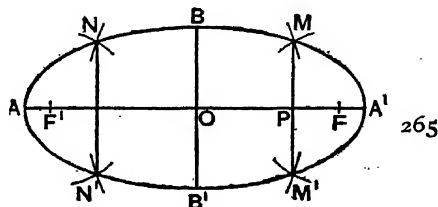


Fig. 5.

rayon  $F'N$  égal à  $FM$ , la seconde du point  $F$ , avec un rayon  $FN$  égal à  $F'M$ . Les deux triangles  $FME'$ ,  $FNF'$  ont leurs trois côtés égaux chacun à chacun et sont, par conséquent, égaux entre eux. Si nous faisons tourner la partie  $BAB'$  de la figure autour de  $BB'$  comme charnière, pour la rabattre sur la partie  $BA'B'$ , la droite  $OF$  s'applique sur la droite  $OF'$ ; et, à cause de l'égalité des angles  $OFM$ ,  $OF'N$ , le côté  $FM$  coïncide avec le côté égal  $F'N$ ; le point  $M$  vient donc sur le point  $N$ . Pour la même raison, le point  $M'$  vient sur le point  $N'$  et, comme il en est de même pour tous les points deux à deux, la partie  $BAB'$  s'applique exactement sur l'autre moitié  $BA'B'$ . Ainsi, la droite  $BB'$  est un axe.

## LE TRIANGLE RECTANGLE.

**Définitions.** On appelle *projection* d'un point sur une droite le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur la droite.

On appelle *projection* d'une droite  $AB$  sur une droite  $CD$ , la portion  $A'B'$  de cette dernière droite comprise entre les projections  $A'$  et  $B'$  des deux extrémités de  $AB$ .

**Ma.** Nous rappelons que lorsque les deux moyens d'une proportion sont égaux, chacun d'eux s'appelle une *moyenne proportionnelle* entre les deux extrêmes. On sait aussi que cette définition revient à dire que la moyenne proportionnelle entre deux nombres est un troisième nombre dont le carré est égal au produit des deux premiers; ainsi, la moyenne proportionnelle entre 2 et 18 est 6, parce que le carré de 6 est égal au produit  $2 \times 18$ .

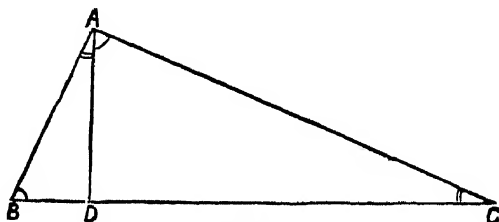


Fig. 6.

**Théorème.** Si du sommet A de l'angle droit d'un triangle rectangle ABC on abaisse une perpendiculaire sur

300 1° Chaque côté de l'angle droit est moyen proportionnel entre l'hypoténuse entière et sa projection sur l'hypoténuse;

2° La perpendiculaire est moyenne proportionnelle entre les segments de l'hypoténuse (Fig. 6).

1° Les deux triangles ABC, ABD sont rectangles et ont 305 l'angle B commun; donc ils sont semblables; si l'on écrit que les côtés homologues de ces deux triangles sont proportionnels, on a :

$$\frac{BC}{AB} = \frac{AB}{BD}, \text{ ou } \overline{AB}^2 = BC \times BD;$$

ce qui prouve que le côté AB de l'angle droit est moyen 310 proportionnel entre l'hypoténuse entière BC et la projec-

tion BD de ce côté sur l'hypoténuse. En comparant de même les triangles semblables ABC, DAC, on trouverait pareillement :

$$\overline{AC}^2 = BC \times CD.$$

2° Les deux triangles ABD, CAD, dont les angles sont respectivement égaux à ceux du triangle ACB, sont semblables, et on a la proportion :

$$\frac{BD}{AD} = \frac{AD}{CD}, \text{ ou } \overline{AD}^2 = BD \times CD;$$

ce qui montre que la perpendiculaire AD est moyenne proportionnelle entre les segments BD et CD de l'hypoténuse. 320

### LES SÉCANTES D'UN CERCLE.

**Théorème.** *Si d'un point pris dans le plan d'un cercle on lui mène des sécantes, le produit des distances de ce point aux deux points où chaque sécante coupe la circonférence est le même pour toutes les sécantes.*

Nous distinguerons deux cas :

1° Le point donné P est dans l'intérieur de la circonférence. Je mène par ce point deux sécantes quelconques BPA, DPC, et je joins les points C et A, B et D ; les deux triangles CPA, BPD ont l'angle D égal à A, comme inscrits dans le même segment, et l'angle C égal à B pour la même raison ; donc ils sont semblables, et on a la proportion :

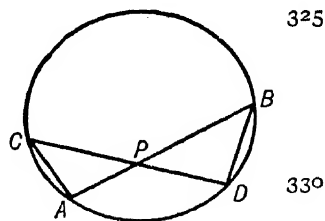


Fig. 7.

$$\frac{PB}{PD} = \frac{PC}{PA}, \text{ ou } PB \times PA = PC \times PD. \text{ c. q. f. d.}$$

325

330

335



**Ma.** 2° Le point P est extérieur à la circonférence (Fig. 8). Je mène par ce point deux sécantes quelconques, PBA, PCD, et je joins BD et AC ; les deux triangles PAC, PDB

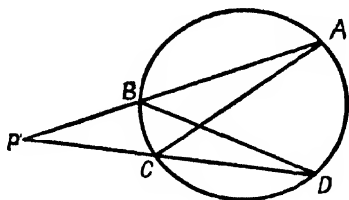


Fig. 8.

340 ont l'angle P commun, et l'angle A égal à D comme inscrits dans le même segment : donc ils sont semblables, et on a la proportion :

$$\frac{PA}{PC} = \frac{PD}{PB}, \text{ ou } PA \times PB = PC \times PD. \quad \text{C. Q. F. D.}$$

### EXPRESSIONS ALGÈBRIQUES.

**Définition.**—Nous avons défini dans les chapitres précédents les opérations algébriques fondamentales que l'on peut effectuer sur les nombres algébriques. Ceci posé, rappelons une définition déjà donnée :

On appelle expression algébrique le résultat d'une ou de plusieurs opérations algébriques non encore effectuées et 350 représentées par les signes conventionnels déjà définis.

Dans une expression algébrique peuvent figurer les éléments suivants : 1° des nombres algébriques ayant des valeurs numériques déterminées ; 2° des nombres algébriques indéterminés et représentés par des lettres.

355 Rappelons aussi que :

On appelle valeur numérique d'une expression algébrique,

*pour certaines valeurs attribuées aux lettres qui y figurent, Ma. le nombre que l'on obtient en remplaçant les lettres par les nombres et en effectuant les calculs indiqués.*

**Classification.**—On dit qu'une expression est *rationnelle* 360 lorsqu'elle ne contient l'indication d'aucune extraction de racine portant sur une partie littérale. Elle est *irrationnelle* dans le cas contraire.

$$\text{Ainsi} \quad \frac{3a^2bc}{d} + \sqrt[3]{2ab} + \frac{2c - \sqrt{3d}}{4}$$

est une expression rationnelle, car aucune lettre ne figure sous un 365 radical. Au contraire

$$\sqrt[3]{a^2 - b^2} + 4a + \sqrt{a^3 + b^3}$$

est une expression irrationnelle.

Comme on n'a défini la racine carrée ou cubique d'un nombre que pour les nombres arithmétiques ou positifs, 370 nous supposons essentiellement que dans toute expression irrationnelle les quantités placées sous les radicaux ont été choisies positives. Du reste, nous rencontrerons rarement des expressions irrationnelles.

## PROBLÈMES NUMÉRIQUES À UNE INCONNUE.

**Définitions.**—Rappelons d'abord ce que nous avons 375 déjà dit :

Résoudre un problème, c'est calculer certaines quantités qu'on appelle les inconnues, connaissant d'autres quantités appelées données et sachant qu'il existe entre les données et les inconnues certaines relations. 380

Enoncer le problème, c'est exprimer, en langage ordinaire, les relations qui existent entre les données et les inconnues.

**ma.** Résoudre le problème, c'est trouver les valeurs des inconnues qu'on appelle solutions.

385 Ainsi, lorsque je dis :

*Trouver un nombre qui, divisé par 3, diminue de 30,*

j'énonce un problème. Les données sont 3 et 30. L'inconnue est le nombre cherché. Résoudre ce problème, c'est trouver ce nombre qui sera la solution.

390 Avant de donner des conseils et des règles pour la résolution des problèmes, nous traiterons quelques exemples.

**Problème.**—*Trouver un nombre qui, divisé par 3, diminue de 30.*

395 Désignons par  $x$  le nombre cherché. Son quotient par 3 est  $\frac{x}{3}$ .

Si  $x$  est le nombre cherché,  $\frac{x}{3}$  doit être égal à  $x - 30$ , on doit donc avoir

$$\frac{x}{3} = x - 30.$$

400 Réciproquement tout nombre  $x$  qui vérifie cette équation est une solution.

On obtiendra donc la ou les solutions en résolvant cette équation du premier degré.

Chassons les dénominateurs, il vient :

405  $x = 3x - 90$

ou  $2x = 90,$

$$x = 45.$$

*Le nombre cherché est 45.*

## LOGARITHMES.

**Définition générale.**—Considérons deux progressions **Ma.** croissantes : l'une arithmétique dont le premier terme est 410 zéro et la raison  $r$ , l'autre géométrique dont le premier terme est 1 et la raison  $q$ . :

$$\div 0 . r . 2r . 3r . 4r . \dots . nr . \dots$$

$$\div 1 : q : q^2 : q^3 : q^4 : \dots : q^n : \dots$$

Par définition :

*Un terme quelconque de la progression arithmétique est appelé le logarithme du terme de même rang de la progression géométrique.* 415

Inversement :

*Un terme quelconque de la progression géométrique est 420 appelé l'antilogarithme du terme de même rang de la progression arithmétique.*

Ainsi le logarithme de  $q^4$  est  $4r$  et inversement  $q^4$  est l'antilogarithme de  $4r$ .

*L'antilogarithme d'un nombre a est donc le nombre qui a 425 pour logarithme a.*

On conçoit aisément qu'en choisissant  $q$  assez voisin de 1 et  $r$  assez voisin de 0, les deux progressions peuvent être telles que deux termes consécutifs diffèrent excessivement peu. On peut alors dire que tout nombre plus 430 grand que 1 figure, avec une certaine approximation, dans la progression géométrique.

Un nombre quelconque plus grand que 1 a alors un logarithme.

Ainsi, si je voulais avoir le logarithme de 2,5123, je chercherais si 435 le nombre 2,5123 figure dans la progression géométrique. Si oui, le nombre écrit au-dessus, dans la progression arithmétique, sera son

Ma. logarithme. Si *non*, je prendrai le nombre de la progression géométrique le *plus voisin*. Si, par exemple, il figure dans la progression le nombre 2,5122, je prendrai le logarithme de ce nombre qui sera une valeur *approchée* du logarithme de 2,5123.

### INTÉRÊTS COMPOSÉS.

Intérêts composés.—On dit qu'une somme est placée à intérêts composés lorsqu'à la fin de chaque année les intérêts produits par cette somme sont ajoutés au capital et produisent eux-mêmes intérêt pendant les années suivantes.

On dit encore que les intérêts sont *capitalisés* à la fin de chaque année.

Par exemple une personne a placé un capital de 1000 francs à 4 0/0. Au bout d'un an le capital a produit 40 francs d'intérêt. La somme ne touche pas ces 40 francs et les ajoute au capital, qui devient alors 1040 francs. Au bout de la seconde année, ce nouveau capital a produit :

$$1040 \times 0,04 = 41 \text{ fr., } 60$$

d'intérêt. Ces intérêts sont de nouveau ajoutés au capital, qui devient 1081 fr., 60. Au bout de la troisième année, l'intérêt du nouveau capital est :

$$1081,60 \times 0,04 = 43 \text{ fr., } 264.$$

Et le capital, grossi des intérêts, est devenu :

$$1081,60 + 43,264 = 1124 \text{ fr., } 864;$$

et ainsi de suite.

Formule générale.—Soit  $a$  un capital placé à intérêts composés au taux  $t$ . Posons encore  $r = \frac{t}{100}$ ,  $r$  étant l'intérêt de 1 franc en 1 an.

L'intérêt rapporté par le capital  $a$  au bout d'un an sera  $ar$ .

En ajoutant cet intérêt au capital, celui-ci devient :

$$a + ar = a(1 + r).$$

Cette égalité prouve que :

Ma,

*La valeur acquise par un capital au bout d'un an s'obtient en multipliant ce capital par  $1 + r$ ,  $r$  étant l'intérêt simple 470 de 1 franc en un an.*

Au bout de la première année le capital  $a$  est devenu  $a(1 + r)$ . D'après ce qui précède sa valeur au bout de la seconde année sera

$$a(1 + r)(1 + r) = a(1 + r)^2. \quad 475$$

On obtient la valeur acquise au bout de la troisième année en multipliant celle-ci par  $1 + r$ , ce qui donne :

$$a(1 + r)^2(1 + r) = a(1 + r)^3;$$

et ainsi de suite.

Pour chaque année de placement on multiplie par  $1 + r$ . 480 Pour  $n$  années de placement on multipliera  $n$  fois par  $1 + r$ , c'est-à-dire par  $(1 + r)^n$ .

Donc :

*La valeur A acquise par un capital a au bout de n années de placement à intérêts composés au taux t est donnée par la 485 formule :*

$$A = a(1 + r)^n = a\left(1 + \frac{t}{100}\right)^n.$$

## PROPRIÉTÉS DES TRIANGLES.

**Théorème.**—*Dans un triangle, le carré d'un côté quelconque est égal à la somme des carrés des deux autres côtés, moins deux fois le produit de ces deux côtés multiplié par le 490 cosinus de l'angle compris.*

Considérons le côté  $a$  opposé à l'angle A. Il y a deux cas à distinguer : ou l'angle A est aigu, ou il est obtus.

Lorsque l'angle A est aigu (Fig. 9), on sait, d'après un théorème de géométrie élémentaire, que le carré du côté  $a$  495 opposé à l'angle aigu est égal à la somme des carrés des

**Ma.** deux autres côtés  $c$  et  $b$ , moins deux fois le produit de l'un de ces côtés  $c$  par la projection  $AP$  du second sur le premier, ce qui s'exprime ainsi :

$$500 \quad a^2 = b^2 + c^2 - 2c \times AP.$$

Dans le triangle rectangle  $CAP$ , on a

$$AP = b \cos A.$$

En remplaçant  $AP$  par sa valeur, on obtient la relation

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A.$$

505 Supposons maintenant l'angle  $A$  obtus (Fig. 9). On sait, d'après un autre théorème de géométrie élémentaire, que le carré du côté  $a$  opposé à l'angle obtus  $A$  est égal à

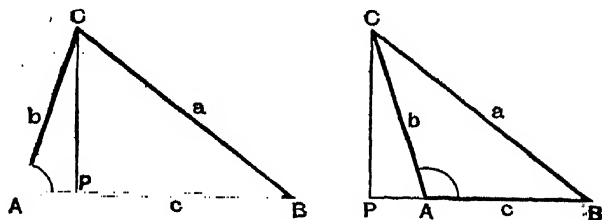


Fig. 9.

la somme des carrés des deux autres côtés  $c$  et  $b$ , plus deux fois le produit de l'un de ces côtés  $c$  par la projection  $AP$  du second sur le premier, ce qui s'exprime ainsi :

$$510 \quad a^2 = b^2 + c^2 + 2c \times AP.$$

Dans le triangle rectangle  $CAP$ , on a  $AP = b \cos CAP$ . L'angle aigu  $CAP$  et l'angle obtus  $CAB$  ou  $A$  étant supplémentaires, leurs cosinus sont égaux et de signes contraires et l'on a  $\cos CAP = -\cos A$ , et par suite  
515  $AP = -b \cos A$ . En remplaçant  $AP$  par sa valeur, on arrive à la même relation

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A.$$

Il existe deux autres relations analogues à celle-ci ; ainsi **Ma.** on a, dans tous les cas 520

$$\begin{cases} a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A, \\ b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B, \\ c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C. \end{cases}$$

Lorsque l'angle  $A$  est droit, son cosinus étant nul, l'une des relations se réduit à la propriété connue des triangles rectangles  $a^2 = b^2 + c^2$ .

### RÉOLUTION DES TRIANGLES.

**Troisième cas.**—On donne deux côtés  $a$  et  $b$  et l'angle  $A$  opposé à l'un d'eux. Nous rappellerons d'abord en peu de mots la construction géométrique. Sur un des côtés de

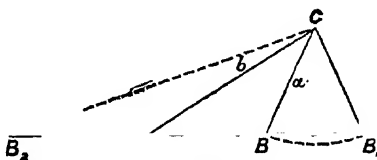


Fig. 10.

l'angle  $A$  (Fig. 17) on porte  $AC = b$  ; du point  $C$  comme 530 centre, avec  $a$  pour rayon, on décrit une circonférence ; les points où elle rencontre l'autre côté déterminent le sommet  $B$  ; il y a donc 0, 1 ou 2 solutions, suivant que la circonférence coupe le côté en 0, 1 ou 2 points, à droite du point  $A$ . La discussion est résumée dans le tableau suivant : 535

$A > 90^\circ$	$\left\{ \begin{array}{l} a \leq b, \\ a > b, \\ a > b, \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 0 \text{ solution,} \\ 1 \text{ sol., } B < 90^\circ, \\ 1 \text{ sol., } B < 90^\circ, \end{array}$	
$A < 90^\circ$	$\left\{ \begin{array}{l} a < h, \\ a < b, \\ a > h, \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 0 \text{ sol.,} \\ 1 \text{ sol., } B = 90^\circ, \\ 2 \text{ sol., } B' < 0^\circ, B'' = 180^\circ - B', \end{array}$	540



**Ma.** ( $h$  désigne la perpendiculaire  $CP$  abaissée du point  $C$  sur le côté opposé). A l'inspection des données, on peut donc dire d'avance combien la question admet de solutions, 545 excepté lorsqu'on a à la fois  $A < 90^\circ$  et  $a < b$ ; dans ce cas il faut comparer  $a$  à  $h$ , mais  $h = b \sin A$ ; le calcul de l'angle  $B$  lèvera toute ambiguïté.

Dans les cas non douteux, l'angle  $B$  est aigu et donné par la formule

$$550 \quad (1) \quad \sin B = \frac{b \sin A}{a}.$$

On a ensuite

$$(2) \quad C = 180^\circ - (A + B),$$

$$(3) \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A}.$$

Dans le cas douteux, on appliquera encore la formule (1). 555 Si l'on trouve pour  $\log \sin B$  un résultat positif, c'est-à-dire pour  $\sin B$  un nombre plus grand que l'unité, il y a évidemment impossibilité; si au contraire, on trouve pour  $\log \sin B$  un résultat négatif, c'est-à-dire pour  $\sin B$  un nombre plus petit que l'unité, cela indique que le côté  $a$  est 560 plus grand que  $b \sin A$  ou que la perpendiculaire  $h$ , et il y a deux solutions. L'un des triangles admet l'angle aigu  $B'$  donné par la table, l'autre l'angle obtus supplémentaire  $B'' = 180^\circ - B'$ . Les deux valeurs correspondantes de l'angle  $C$  sont

$$565 \quad \begin{aligned} C' &= 180^\circ - A - B' = B'' - A, \\ C'' &= 180^\circ - A - B'' = B' - A. \end{aligned}$$

On a ensuite

$$c' = \frac{a \sin C'}{\sin A} \quad c'' = \frac{a \sin C''}{\sin A}$$

## LA PHYSIQUE.

### PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DE LA MATIÈRE.

**Etendue.**—*L'étendue* est la propriété qu'a la matière Ph. d'occuper un *certain volume* dans l'espace.

**Impénétrabilité.**—La matière est *impénétrable*, c'est-à-dire que *deux corps* ne peuvent occuper à la fois le même volume dans l'espace; on dit qu'ils sont *impénétrables*. 5 Cette définition est évidente par elle-même.

**Remarque.**—En chimie, on trouve des *corps* différents qui occupent le même volume dans l'espace, mais il se produit entre eux une *action particulière*, appelée *combinaison*, qui modifie complètement leurs caractères extérieurs : il ne 10 s'agit plus ici d'un phénomène physique; nous rencontrerons des exemples de ce fait dans la *Chimie*.

**Divisibilité.**—Un corps peut être *divisé* en deux parties, puis chacune de celles-ci en deux autres parties, et ainsi de suite. Cette notion de la divisibilité est *intuitive*. 15 On peut se demander si cette divisibilité de la matière se poursuit *indéfiniment*, ou si, au contraire, elle a une *limite*.

**Constitution des corps; molécules.**—Il est aisé de comprendre que, mathématiquement, il n'y a pas de raison 20

Ph. pour que la divisibilité ait une limite. Mais l'étude des phénomènes physiques montre qu'il existe un *terme* à la divisibilité. En divisant de plus en plus un corps, on arrive à une *particule* que l'on considère comme *indivisible*, et que  
25 l'on nomme *molécule*. Un corps est donc considéré comme formé de la juxtaposition de *molécules*.

*Remarque.*—Nous verrons qu'en chimie il y a lieu de faire une distinction entre la *matière simple* et la *matière composée*, et que les particules indivisibles constituan-  
30 tes diffèrent d'un cas à l'autre : elles portent alors respectivement les noms d'*atomes*, de *molécules*, la molécule étant plus grande que l'atome.

Cohésion.—Il s'exerce entre deux molécules constituan-  
tes d'un même corps une *action mutuelle*, dirigée suivant la  
35 droite qui les joint, et dont la grandeur dépend de leur *nature* et de la *distance* qui les sépare. Cette action mutuelle est appelée *cohésion*, ou *attraction moléculaire* ; elle se change quelquefois en *répulsion*, comme nous le verrons.

#### DIVISIONS DE LA PHYSIQUE.

40 L'étude des phénomènes physiques varie avec la *nature* des *agents* qui les produisent.

*Agents physiques.*—On distingue deux grandes catégories d'*agents physiques* :

1° Les *actions moléculaires*, c'est-à-dire les actions mutuelles  
45 qui s'exercent non seulement entre les molécules d'un même corps, mais aussi entre les molécules de deux corps différents ; nous en avons indiqué des exemples en étudiant les divers états de la matière.

Les actions moléculaires comprennent : *molécules*

Ph.

a. *La pesanteur*, force attractive exercée par la terre sur les corps placés à sa surface ; 51

b. *L'attraction universelle*, qui s'exerce entre tous les corps de l'univers (c'est-à-dire entre les *planètes*). La pesanteur est un *cas particulier* de cette attraction générale. 55

c. *Les actions capillaires* (dont nous avons donné quelques exemples). 55

2° *Les agents physiques extérieurs* : la *chaleur*, la *lumière*, l'*électricité* (et le *magnétisme*, qui se rapproche étroitement de l'électricité), le *son*. 60

On peut considérer aujourd'hui ces derniers agents physiques, non plus comme des sortes de fluides bien différents ainsi qu'on les considérait autrefois, mais comme des *formes diverses*, des *manifestations diverses* de l'*énergie naturelle*. Il existe, en effet, entre eux, des liens très étroits, 65 à tel point qu'on regarde la *chaleur*, par exemple, comme un cas particulier de la *lumière*, et inversement. De sorte que les phénomènes *calorifiques*, les phénomènes *lumineux* et aussi les phénomènes *électriques* sont dus très probablement à une cause unique. 70

**Divisions de la physique.**—On divise la physique en autant de parties qu'il existe d'agents physiques ; et on étudie, dans chacune d'elles, tous les phénomènes produits par le même agent.

On considère ainsi les grandes divisions suivantes : 75

1° La *Pesanteur*, à laquelle on rattache l'*Hydrostatique*, qui étudie plus spécialement les liquides, et la *Pneumatique*, qui traite des gaz ; 2° la *Chaleur* ; 3° l'*Electricité* et le *Magnétisme* ; 4° l'*Optique* (étude de la lumière), et 5° l'*Acoustique* (étude du son). 80

## NOTIONS SUR LE MOUVEMENT.

ph. **Loi de mouvement.**—Si l'on rapproche les espaces parcourus des temps employés à les parcourir, on peut arriver à exprimer la loi du mouvement étudié. Cette loi de mouvement est donc une formule qui exprime une relation  
85 algébrique entre le temps et l'espace; généralement on écrit que l'espace est une fonction du temps.

Les espaces se comptent en *mètres* et les temps en *secondes*.

**Variétés de mouvements.**—Il existe deux grandes catégories de mouvements : le *mouvement uniforme* et le *mouvement varié*.  
90

a. **Mouvement uniforme.**—Un mobile est dit en mouvement uniforme quand il parcourt des espaces égaux dans des temps égaux. Les espaces sont donc proportionnels  
95 aux temps employés à les parcourir.

Soit  $v$  l'espace parcouru par un mobile pendant l'unité de temps. L'espace au bout du temps  $t$  sera :

$$e = v \times t.$$

Telle est la formule traduisant la loi du mouvement  
100 uniforme, quand on commence à compter les espaces à partir de l'origine des temps.

**Vitesse.**—C'est l'espace parcouru pendant l'unité de temps. Cette quantité est :

$$v = \frac{e}{t}.$$

105 D'après la loi de ce mouvement, énoncée plus haut, on voit que la vitesse d'un mouvement uniforme est constante.

**b. Mouvement varié.**—Quand le mobile parcourt des *Ph.*  
*espaces inégaux* dans des *temps égaux*, on le dit en *mouve-*  
*ment varié.* 110

Dans un tel mouvement la loi qui lie l'espace au temps n'est plus aussi simple que dans le cas du mouvement uniforme : les espaces parcourus ne sont plus proportionnels aux temps correspondants. La *vitesse* d'un tel mouvement ne peut plus se définir aussi facilement que dans le cas 115 précédent.

**Vitesse.**—On appelle *vitesse moyenne* pendant le temps  $t$ , dans un mouvement varié, le quotient de l'espace  $e'$  parcouru pendant ce temps, par le temps lui-même  $t'$  ; cette vitesse est  $\frac{e'}{t'}$ .

La *vitesse au temps  $t$*  est la vitesse du mouvement uniforme qui succéderait à cet instant au mouvement varié. Nous verrons comment on peut déterminer par l'expérience cette vitesse qui caractérise beaucoup mieux le mouvement que la vitesse moyenne, laquelle est purement conventionnelle. 125

**Accélération.**—En calculant la vitesse au bout d'intervalles de temps égaux pendant le mouvement, on voit comment *varie* cette vitesse : si elle augmente, le mouvement est dit *accéléré*, et l'on donne le nom d'accélération à la quantité dont elle augmente. Si elle diminue, le mouve- 130 ment est dit *retardé* ; l'*accélération* représente cette fois la quantité dont diminue la vitesse. Mais cette *accélération* peut varier elle-même.

**b'. Mouvement uniformément varié.**—Si l'*accélération* est constante pendant l'unité de temps, la vitesse s'accroîtra 135 ou diminuera de la même quantité dans le même temps : dans le premier cas le mouvement sera *uniformément*

Ph. accéléré; dans le deuxième il sera *uniformément retardé*.  
 L'accélération sera *positive* dans le premier cas et *negative*  
 140 dans le second.

### DIRECTION DE LA PESANTEUR.

**Loi de Newton.**—Newton, qui a formulé la loi générale de l'attraction universelle, a montré que l'attraction de la Terre sur les corps qui sont placés à sa surface est soumise à cette loi générale, qui peut s'exprimer de la manière  
 145 suivante dans le cas de la pesanteur :

*L'action attractive qui s'exerce entre la terre et un corps quelconque situé dans le champ de la pesanteur est directement proportionnelle aux masses de la terre et du corps, et inversement au carré de la distance de leurs centres de*  
 150 *gravité.*

Soient :  $M$  la masse terrestre,  $m$  celle du corps considéré,  $d$  la distance du centre de gravité—autrement dit : du centre géométrique—de la terre, au centre de gravité du corps ; la force attractive sera :

$$155 \quad f = \frac{M \times m}{d^2}$$

Pour tous les corps,  $M$  aura la même valeur ; de plus, étant donnée la grandeur du rayon terrestre (6366 kilomètres environ) et la faible valeur en un lieu, et vis-à-vis de ce rayon, du déplacement d'un corps qui tombe jusqu'à  
 160 la surface du sol, on peut considérer  $d$  comme sensiblement constante pour tous les corps ; la seule variable, dans la formule de Newton, sera la *masse*  $m$  du corps qui tombe ; et alors, l'action attractive, c'est-à-dire le *poids* du corps, sera proportionnelle à la *masse*, au lieu  
 165 *considéré.*

Il résulte de la loi de Newton que la direction de la Ph. pesanteur en un lieu doit être celle du rayon terrestre en ce lieu, puisqu'elle doit passer par le centre de la terre.

## CENTRE DE GRAVITÉ.

## Détermination expérimentale du centre de gravité.—

Nous pouvons diviser les corps (les *liquides* et les *gaz* 170 pouvant être confondus avec les *solides*, dans l'hypothèse que nous venons de poser précédemment, mais ils devront, bien entendu, être renfermés dans des vases) en deux catégories : a. les *corps de forme quelconque* ; b. les *corps homogènes, de forme géométrique*.

175

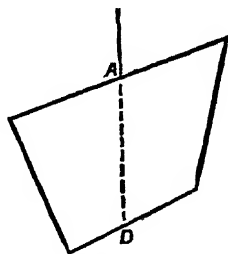


Fig. 1.

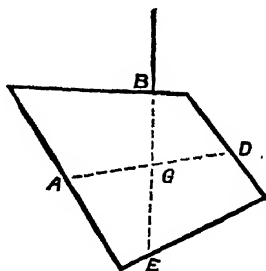


Fig. 2.

a. Pour déterminer le *centre de gravité* d'un solide de forme quelconque mais aplatie (Fig. 1), on le suspend successivement par les deux crochets A, B ; quand il est fixé par le crochet A, il oscille quelque temps à la façon d'un pendule, puis se met en équilibre quand la direction 180 de la force unique qui agit sur lui—son *poids absolu*—passe par le point fixe A ; cette direction renferme nécessairement le point d'application de la pesanteur, c'est-à-dire le centre de gravité cherché : on repère cette direction AD.



Ph. Puis on suspend cette fois le corps par le crochet B, ce qui  
186 fournit une deuxième direction BE, lieu du centre de  
gravité; celui-ci doit donc se trouver à l'intersection des  
deux droites, soit en G.

On obtient ainsi rapidement le centre de gravité d'une  
190 plaque de tôle de forme quelconque, ou d'un solide de  
faible épaisseur.

b. Dans les *corps homogènes*—c'est-à-dire dans les corps  
dont des volumes égaux, pris n'importe où dans leur masse,  
ont même poids—le centre de gravité se détermine comme  
195 dans le cas précédent; mais si les corps considérés ont en  
outre une *forme géométrique*, on peut fixer, une fois pour  
toutes, la position de leurs *centres de gravité* d'après les  
règles suivantes, fournies par la mécanique.

## CHALEUR.

### THERMOMÈTRE.

Nos sens ne peuvent nous renseigner exactement sur les variations de l'état calorifique.—Nous estimons d'habitude l'état calorifique d'un corps par l'impression qu'il produit sur la main ; mais le jugement que nous portons ainsi est incomplet et sujet à bien des erreurs.

Plongeons, par exemple, la main droite dans un vase rempli d'eau très froide, la gauche dans un second vase, rempli d'eau très chaude. Après quelques instants d'attente, sortons les mains du liquide et plongeons-les toutes les deux à la fois dans de l'eau tiède ; nous la trouverons chaude à la main droite, froide à la gauche.

Lorsqu'il s'agit d'apprécier le degré de chaleur ou de froid de l'air, que nous ne pouvons toucher directement, les erreurs sont encore plus faciles.

De plus, la sensation ne laissant aucune trace, il est impossible de comparer le froid éprouvé à deux époques différentes, si peu éloignées qu'elles soient.

De là la nécessité d'imaginer un instrument qui puisse substituer ses indications aux indications souvent erronées et toujours fugitives que nous fournissent nos sens.

Cet instrument a reçu le nom de *thermomètre*. De là la définition suivante : *un thermomètre est un instrument destiné à indiquer et à mesurer les variations de l'état calorifique des corps avec lesquels on le met en contact.*

ch. Principe du thermomètre.—Le thermomètre est basé sur  
26 un effet de la chaleur qu'on nomme *dilatation*. Un corps  
chauffé augmente de volume : c'est cette augmentation de  
volume qui a reçu le nom de dilatation.

Du mercure est dans un petit réservoir de verre, à long  
30 col. Si on plonge ce réservoir dans l'eau chaude, on voit  
le mercure monter, et monter d'autant plus que l'eau est  
plus chaude. Et si on le plonge successivement dans  
deux vases pleins d'eau, l'eau la plus chaude est celle qui  
détermine la plus grande ascension.

35 De même, si nous portons l'appareil d'une chambre dans  
une autre, nous pouvons affirmer qu'il fait plus chaud  
dans la seconde si le mercure monte, et plus froid si le  
mercure descend.

Il n'y aura donc qu'à marquer sur la tige des traits  
40 équidistants, constituant une *graduation*, pour qu'il soit  
possible de définir les divers états calorifiques par les numé-  
ros en face desquels s'arrête le liquide dans chaque cas.

Ces numéros portent le nom de *degrés de température*.

De là la nouvelle définition suivante : on nomme tem-  
45 pérature d'un corps le numéro en face duquel s'arrête le  
mercure dans le thermomètre, quand le thermomètre a pris  
l'état calorifique du corps.

La graduation tracée sur la tige du thermomètre est  
arbitraire. Mais il faut que cette graduation arbitraire  
50 soit admise pour tous les thermomètres, de façon que leurs  
indications soient comparables entre elles.

#### CALORIMÉTRIE.

Principes fondamentaux relatifs à la mesure des quan-  
tités de chaleur.—Deux principes fondamentaux inter-  
viennent dans la mesure des quantités de chaleur.

1° Supposons qu'on ait chauffé dix litres d'eau de 0° à ch. 50°. Toutes les parties de la masse liquide étant à la 56 même température, nous devons admettre que chacun des litres d'eau qui la composent a pris la dixième partie de la quantité totale de chaleur fournie par le foyer. *fri*

Donc : la quantité de chaleur nécessaire à l'échauffement 60 d'une masse d'eau est proportionnelle à son poids.

2° A 10 litres d'eau à 50°, ajoutons 10 litres d'eau à 0°. *let*

*maxima* Le thermomètre nous indique que les 20 litres de liquide résultant du mélange ont une température de 25°. L'eau tiède s'est refroidie de 25°, et sa chaleur a échauffé de 25° 65 une égale quantité d'eau froide. Il faut, par conséquent, *L* autant de chaleur pour échauffer l'eau de 0 à 25°, que pour l'échauffer de 25 à 50°.

Donc : la quantité de chaleur nécessaire à l'échauffement d'une masse d'eau est proportionnelle à l'élévation de température qu'on lui communique.

Ces deux principes, démontrés en prenant l'eau pour exemple, seraient tout aussi bien démontrés avec n'importe quel autre corps.

Ils nous conduisent à une expression simple de la 75 quantité de chaleur perdue ou gagnée par un corps qui se refroidit ou qui s'échauffe.

Soit  $c$  la quantité de chaleur que perd ou gagne un kilogramme d'un corps quand sa température varie d'un degré. Si le poids du corps est  $P$ , la quantité de chaleur perdue ou 80 gagnée est  $c \times P$  ; si la variation de température est  $t$ , la quantité de chaleur perdue ou gagnée est  $c \times P \times t$ .

Mesure des quantités de chaleur par la méthode des mélanges.—On nomme *calorimétrie* l'ensemble des méthodes qui permettent de comparer les quantités de chaleur avec 85 la *calorie*, ou unité de quantité de chaleur.

ch. La méthode la plus employée est la *méthode des mélanges*, dont le principe est très simple.

Supposons qu'il s'agisse de déterminer quelle quantité  
90 de chaleur  $x$  il faut fournir à un kilogramme de plomb pour l'échauffer d'un degré.

Dans une masse d'eau de poids  $P$ , de température  $T$ , introduisons une masse de plomb de poids  $P'$ , de température  $T'$ , et supposons que  $T'$  soit supérieur à  $T$ . Par  
95 suite du contact intime qui s'établit entre l'eau et le plomb, celui-ci se refroidit, celle-là s'échauffe, et le mélange arrive bientôt à une température  $\theta$  comprise entre  $T$  et  $T'$ .

Si nous négligeons certaines causes d'erreur dont il sera bientôt question, nous pouvons écrire que la quantité de  
100 chaleur abandonnée par le plomb en se refroidissant de  $T'$  à  $\theta$  est égale à la quantité de chaleur acquise par l'eau en s'échauffant de  $T$  à  $\theta$ .

Ce qui nous donne l'équation

$$x \cdot P' \cdot (T' - \theta) = P \cdot (\theta - T),$$

105 de laquelle on tire la valeur de  $x$ , exprimée en calories.

## DILATATION DES SOLIDES ET DES LIQUIDES.

**Formules relatives aux dilatations cubiques des solides et des liquides.**—Nous allons établir trois formules d'usage courant.

1° *Un corps, solide ou liquide, occupe un volume  $V_0$  à  $0^\circ$  ;*  
110 *que devient son volume quand on le porte à  $t^\circ$  ?*

Nous avons dit que, dans ces circonstances, l'accroissement de volume est  $V_0 kt$ . Le volume devient donc

$$V = V_0 + V_0 kt,$$

ou

115 (1)  $\therefore V = V_0(1 + kt).$

Pour obtenir le volume final, il faut multiplier le volume  $\varphi$ . primitif par le binôme  $1 + kt$ , qu'on nomme le *binôme de dilatation*.

2° Un corps, solide ou liquide, occupe un volume  $V$  à  $t^0$ , puis un volume  $V'$  à  $t'^0$ . Quelle relation existe entre ces 120 quantités ?

Si le corps était refroidi à  $0^0$ , il occuperait un volume que l'on peut représenter par  $V_0$ , et l'on aurait les relations

$$\begin{aligned} V &= V_0(1 + kt) \\ V' &= V_0(1 + kt'), \end{aligned} \quad 125$$

desquelles on tire, par division,

$$(2) \quad \frac{V}{1 + kt} = \frac{V'}{1 + kt'}$$

De là le théorème suivant: Quand un corps, solide ou liquide, change de température, le quotient du volume par le binôme de dilatation reste constant. 130

3° Un corps, solide ou liquide, a un poids spécifique  $d$  à  $t^0$ , puis un poids spécifique  $d'$  à  $t'^0$ . Quelle relation existe entre ces quantités ?

Prenons un poids de ce corps égal à  $P$ , qui occupe à  $t^0$  un volume  $V$ , et à  $t'^0$  un volume  $V'$ . On a la relation 135

$$P = Vd = V'd',$$

relation qui devient, en tenant compte de l'équation (2),

$$(3) \quad d(1 + kt) = d'(1 + kt').$$

Quand un corps, solide ou liquide, change de température, le produit du poids spécifique par le binôme de dilatation 140 reste constant.

ch. Applications des dilatations des solides et des liquides.  
—Les dilatations des solides et des liquides se font avec une force presque irrésistible.

145 On a vu des barres de fer briser, par leur dilatation, des pierres résistantes dans lesquelles elles étaient scellées. Aussi, maintenant surtout que les métaux, et principalement le fer, tiennent une aussi grande place dans toutes les constructions, doit-on laisser aux pièces métalliques  
150 assez de jeu pour qu'elles puissent se raccourcir ou s'allonger suivant qu'il fait froid ou chaud. Sans cette précaution, les charpentes en fer, tirillées dans tous les sens, ne tarderaient pas à se disloquer.

Quand on verse dans un verre un liquide très chaud  
155 il y a dilatation immédiate des portions de paroi qui sont en contact avec le liquide. Le pied, au contraire, et les parties supérieures du verre conservent leur volume primitif ; de là, entre ces différentes parties, des tiraillements qui déterminent fréquemment une rupture.

160 Les dilatations qu'éprouvent les corps solides quand on les chauffe ont quelques applications usuelles qu'il nous faut connaître.

Lorsqu'un bouchon de verre a été trop fortement enfoncé dans le goulot d'une bouteille, on chauffe le goulot  
165 avec une allumette : il se dilate et devient plus large. On se hâte alors d'enlever le bouchon, avant que la chaleur soit venue le dilater aussi.

Le charron qui veut ferrer une roue de voiture commence par chauffer son cercle de fer et le pose pendant  
170 qu'il est chaud. Le cercle, en se refroidissant, rapproche les unes des autres les pièces de bois qui composent la roue et les maintient fortement unies.

Voici une application plus curieuse. A Paris, les murs d'une longue galerie du Conservatoire des Arts et Métiers

s'étaient écartés l'un de l'autre sous le poids de la voûte ch. qu'ils soutenaient. On les réunit l'un à l'autre par de 176 longues et grosses barres de fer, qui les traversaient et sortaient à l'extérieur. Ces barres furent chauffées au rouge, et, pendant qu'elles étaient chaudes, on serra les écrous jusqu'au ras des murs aux deux extrémités de 180 chacune d'elles. Le feu étant enlevé, les barres de fer se contractèrent, ramenant les murs dans leur aplomb primitif. On les laissa en place pour empêcher un nouvel écartement.

## DILATATION ET DENSITÉ DES GAZ.

**Résultats des expériences.—Coefficients de dilatation des 185 gaz.—Gaz parfaits.**—Les deux phénomènes que nous venons de définir sont soumis à des lois très simples, dans le cas où le gaz étudié est éloigné des conditions de sa liquéfaction, ce qui est le cas de l'air, de l'oxygène, de l'azote, de l'hydrogène, etc.

*Dilatation à pression constante.*—1° *Un gaz donné se dilate uniformément lorsque sa température s'élève ; c'est-à-dire que pour toute élévation de température de 1°, à partir de n'importe quelle température, l'augmentation de volume reste la même.*

2° *Tous les gaz se dilatent également.*—Si l'on prend des volumes de deux gaz différents, égaux à une certaine température, ces volumes restent égaux à toute température.

3° *Coefficient de dilatation.*—*Lorsque la température d'un gaz, maintenu à pression constante, s'élève de 1°, son 200 volume augmente de  $\frac{1}{273}$  de sa valeur à 0°.*

Le nombre  $\frac{1}{273}$  s'appelle *coefficient de dilatation des gaz à pression constante.*



ch. *Applications.*—1° Soit un gaz dont le volume à 0° est  
 205 400 cm<sup>3</sup>, cherchons son volume à 15°. En passant de 0° à  
 15° le volume a dû augmenter de  $\frac{15}{273}$  de sa valeur, soit  
 de  $400 \times \frac{15}{273}$ . Il est donc devenu

$$400 + 400 \times \frac{15}{273} = 400 \left(1 + \frac{15}{273}\right) = 422 \text{ cm}^3.$$

2° Si un gaz passe de 0° à 273° à pression constante, son  
 210 volume double.

*Augmentation de pression à volume constant.*—On a trouvé  
 que l'augmentation de pression à volume constant suit les  
 mêmes lois que la dilatation à pression constante :

1° *A volume constant, la pression d'une masse de gaz aug-*  
 215 *mente de la même quantité pour toute élévation de température*  
*de 1° à partir d'une température quelconque ;*

2° *Tous les gaz, maintenus à volume constant, augmentent*  
*également de pression lorsqu'on les chauffe ;*

3° *Lorsque la température d'un gaz, maintenu à volume*  
 220 *constant, augmente de 1°, sa pression augmente de 1/273 de*

Le nombre  $\frac{1}{273}$  que nous avons déjà appelé coefficient de  
 dilatation des gaz à pression constante est donc aussi le  
 coefficient d'augmentation de pression à volume constant.  
 225 On voit que, si l'on maintient le volume du gaz con-  
 stant, en passant de 0° à 273°, sa pression double. On peut  
 de même calculer facilement la pression d'une masse de gaz  
 à toute température, quand on connaît sa pression, sous le  
 même volume à 0°. Soit, par exemple, un gaz qui, à  
 230 0°, a la pression 76 cm. de mercure. Si on le chauffe  
 à 20°, à volume constant, sa pression augmente de  $\frac{20}{273}$

de sa valeur, c'est-à-dire de  $\frac{20}{273} \times 76$  ; elle devient donc **ch.**  
 $76 + \frac{20}{273} \times 76 = 76 \left(1 + \frac{20}{273}\right) = 81 \text{ cm. de mercure.}$

*Gaz parfaits.*—On appelle gaz parfaits les gaz qui suivent les lois simples de dilatation que nous venons d'énoncer. <sup>235</sup>  
 Ce sont aussi ces gaz qui suivent la loi de Mariotte.

## FUSION ET SOLIDIFICATION.

**Lois de la fusion.**—La plupart des corps solides, lorsqu'on les chauffe, se transforment en liquide. Ce phénomène se nomme *fusion*. Certains corps, comme le verre, le fer, avant de fondre se ramollissent et passent par tous les <sup>240</sup> états intermédiaires entre l'état solide et l'état liquide. On dit qu'ils subissent la fusion *pâteuse*, ou *vitreuse*. Mais, pour les autres corps, le passage de l'état solide à l'état liquide se fait brusquement. C'est la fusion *franche*. Elle est soumise à deux lois.

245

1° *Sous une pression constante, tout corps entre en fusion à une température déterminée et invariable pour chaque substance.* On appelle cette température *point de fusion*.

2° *Dès que la fusion d'un corps est commencée, la température reste égale au point de fusion jusqu'à ce que celle-ci soit complète.* <sup>250</sup>

On établit ces lois,—dans le cas où l'on a une masse notable des corps,—en les chauffant directement dans un vase approprié, où l'on plonge la boule d'un thermomètre. <sup>255</sup>  
 On constate qu'au moment de la fusion le thermomètre cesse de monter, et de plus : 1° que ce point d'arrêt est toujours le même pour une substance chimiquement définie : c'est le *point de fusion* ; 2° que ce point d'arrêt est constant

ch. aussi longtemps qu'il reste des parcelles de la substance non  
 261 fondues, à condition d'agiter le liquide pour répartir uniformément la chaleur.

**Chaleur de fusion.**—D'après la deuxième loi, toute la chaleur communiquée au corps pendant la fusion ne produit  
 265 aucune élévation de température: on en conclut qu'elle est consommée par la fusion.

En général, le nombre de calories nécessaires pour fondre un gramme d'un solide, *sans élévation de température*, est ce qu'on appelle sa *chaleur de fusion*.

270 Chaque substance a une chaleur de fusion propre, qu'on peut déterminer par l'expérience.

Par exemple, 1 gramme de glace absorbe, pour fondre, environ la chaleur qui serait nécessaire pour élever 80 grammes d'eau de 0° à 1° : soit 80 calories. La *chaleur de*  
 275 *fusion* de la glace est donc 80.

**Solidification.**—**Définitions et lois.**—La *solidification* est le passage de l'état liquide à l'état solide. Elle est soumise à deux lois qu'on peut établir expérimentalement comme celles de la fusion.

280 1° La *solidification* se produit, pour chaque corps, à une température fixe, qui est précisément celle de la fusion.

2° Du moment où la *solidification* commence, jusqu'à ce qu'elle soit complète, la température reste constante.

Cette dernière loi prouve que la chaleur absorbée par le  
 285 corps en fusion est restituée par lui, au moment de sa solidification. On admet que la chaleur restituée pendant la solidification est rigoureusement égale à celle qui disparaît pendant la fusion.

**Surfusion.**—Dans certains cas on peut refroidir un  
 290 liquide à une température inférieure au point de fusion

sans qu'il se solidifie : on dit alors qu'il est en *surfusion*. Ch. C'est dans l'eau qu'on a d'abord observé ce phénomène.

*Expérience de Gay-Lussac.*—Gay-Lussac mit une éprouvette remplie d'eau distillée dans un mélange réfrigérant et plaça le tout dans le vide, afin que l'air dissous s'en dégageât : il constata que l'eau descendait au-dessous de  $-12^{\circ}$  sans se *solidifier*. Mais si l'on imprimait alors à sa masse un léger ébranlement, une partie du liquide se congelait aussitôt, en même temps que la masse restée liquide remontait à  $0^{\circ}$ . 295 300

*Expériences de M. Gernez.*—M. Gernez a fait sur ce point une foule d'expériences fort ingénieuses.

Le soufre fondu, qui se solidifie à  $114^{\circ}$ , reste *surfondu* jusqu'à la température ordinaire, lorsqu'il se refroidit lentement et en repos. 305

De même, le phosphore, qui se solidifie à  $44^{\circ}$ , reste liquide jusqu'à  $22^{\circ}$  dans l'eau parfaitement tranquille.

Pour tous les liquides surfondus, la surfusion cesse lorsqu'on les touche avec une parcelle du corps solidifié. On détermine encore la solidification en frictionnant, dans la masse en fusion, deux corps solides entre eux, ou bien un corps solide contre les parois des tubes dans lesquels sont les corps en surfusion. 310

# LUMIÈRE.

## PROPAGATION DE LA LUMIÈRE.

**La. Définitions.**—On appelle *lumière* la cause *habituelle* des phénomènes qui provoquent en nous, par l'intermédiaire du sens de la vue, les sensations *de la vision*. Ces phénomènes sont appelés eux-mêmes *phénomènes lumineux*.

5 On nomme corps *lumineux* ceux qui émettent de la lumière par eux-mêmes, comme le soleil, les étoiles et les corps en ignition. Les corps dits *éclairés* reçoivent, d'une source quelconque, de la lumière, qu'ils renvoient ensuite dans toutes les directions. La lune, les planètes, et pres-  
10 que tous les objets terrestres sont dans ce dernier cas.

Les corps *transparents* ou *diaphanes* sont ceux qui se laissent facilement traverser par la lumière : tels sont l'eau, les gaz, le verre poli. Les corps *translucides* permettent de percevoir encore la lumière, mais non de reconnaître la  
15 forme des objets : tels sont le verre dépoli, le papier huilé. Enfin, les corps *opaques* arrêtent la lumière presque complètement, comme le bois, les métaux. Toutefois, il n'y a pas de corps absolument opaques ; l'opacité dépend de leur épaisseur : tous sont plus ou moins translucides ou trans-  
20 parents lorsqu'ils sont réduits en feuilles assez minces.

On désigne sous le nom d'*Optique* la partie de la physique qui comprend l'étude des phénomènes lumineux.

## PHOTOMÉT.

**Loi de la propagation rectiligne.** — *Dans tout milieu Lu. homogène, la lumière se propage en ligne dr*

Cette loi est établie par les deux faits suivants: *25*

1° Si l'on interpose un corps opaque sur la ligne droite qui joint l'œil à un point lumineux, la lumière est interceptée.

(On appelle *point lumineux* une source lumineuse réduite à des dimensions géométriques aussi petites que possible.) *30*

Si l'on interpose entre l'œil et le point lumineux une série d'écrans percés de trous, la lumière est transmise si les trous sont tous en ligne droite, et interceptée dans le cas contraire.

2° La lumière qui pénètre dans une chambre noire par *35* une petite ouverture trace dans l'air un trait lumineux rectiligne. Ce trait est visible parce qu'il éclaire les poussières légères en suspension dans l'atmosphère.

Toute direction rectiligne suivant laquelle se propage la lumière s'appelle *rayon lumineux*; un ensemble de rayons *40* prend le nom de *faisceau lumineux*.

## PHOTOMÉTRIE.

**Définitions.**—En voyant deux surfaces nous pouvons juger qu'elles sont *également* ou *inégalement* éclairées; mais, dans ce dernier cas, nous ne pouvons pas dire que l'une est, par exemple, deux fois plus éclairée que l'autre. Aussi *45* devons-nous fonder sur une convention toute méthode de mesure de l'éclairement produit par une source lumineuse sur une surface.

Tout d'abord, l'expérience montre que cet éclairement dépend à la fois de la nature de la source, de sa distance et *50* de l'inclinaison de ses rayons. Supposons donc deux

u. sources différentes, éclairant successivement une même surface, *dans les mêmes conditions de distance et d'obliquité*. Si les éclairements produits par les deux sources sont les  
 55 mêmes, nous dirons que *leurs intensités sont égales*; si l'éclairement produit par la première est *supérieur* à celui produit par la seconde, nous dirons que son intensité lumineuse est plus grande que celle de la seconde source.

On a ensuite choisi une *source étalon* et l'on a appelé  
 60 *unité d'éclairement* l'éclairement produit par cette source sur une *petite*<sup>1</sup> surface placée normalement à la direction des rayons, à l'unité de distance. *Par convention*, on appelle éclairements 2, 3, etc. . . . ceux produits par 2, 3, etc., sources identiques à la première, placées au même point  
 65 et éclairant ensemble la surface considérée.

Nous mesurerons *l'intensité d'une source par l'éclairement qu'elle produit sur une petite surface placée normalement à la direction des rayons, à l'unité de distance*.

On voit que la source étalon a précisément l'unité  
 70 d'intensité, puisqu'elle produit dans ces conditions l'unité d'éclairement.

**Lois de l'éclairement.**—1° *Variation de l'éclairement avec l'obliquité des rayons.*—Si l'on place une petite feuille de papier blanc devant une bougie, on s'aperçoit de suite que  
 75 si l'on incline plus ou moins la feuille de papier, tout en laissant constante sa distance à la bougie, l'éclairement varie.

Il est *d'autant plus petit* que l'obliquité de la feuille par rapport aux rayons qu'elle reçoit est plus grande; il est *maximum* quand les rayons sont perpendiculaires à la  
 80 feuille. On dit alors qu'elle est éclairée normalement.

<sup>1</sup> On considère une *petite surface* afin que tous ses points soient également éclairés.

2° *Variation de l'éclairement avec la distance de la source.* Lu.  
 — *L'éclairement normal produit sur une petite surface par une source lumineuse de petites dimensions, varie en raison inverse du carré de la distance de la surface à la source.* Si l'on éloigne plus ou moins la feuille de papier, tout en la laissant perpendiculaire à la droite qui joint son milieu à la bougie, on voit que *l'éclairement diminue quand on augmente la distance.*

## MIROIRS SPHÉRIQUES.

**Définitions.**—On appelle *miroirs sphériques* ceux dont la surface est une portion ou *calotte* de sphère. Suivant qu'on polit la face interne ou la face externe, on a un miroir *concave* ou *convexe*.

Le centre C de la sphère dont le miroir fait partie en est le *centre de courbure*; le point A, pôle de la calotte, en est le *sommet*. La droite indéfinie AC, menée par les points A et C, est l'*axe principal* du miroir; toute droite qui passe par le centre C sans passer par le point A est un *axe secondaire*.

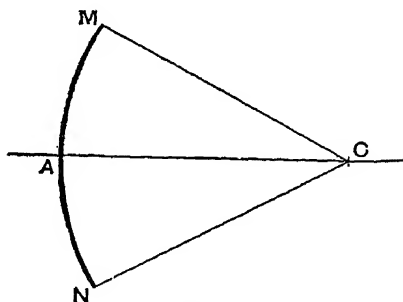


Fig. 1.

On nomme *section principale* du miroir toute section plane qui passe par l'axe principal, et *ouverture* du miroir l'angle au centre, MCN, sous-tendu par une section principale.

La normale à la surface courbe, en un point donné, est le *rayon géométrique* de ce point.



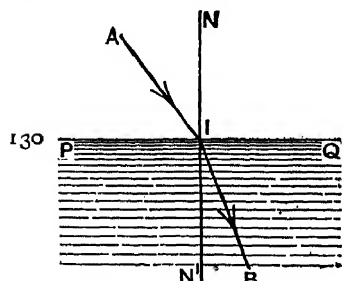
**Lu. Miroirs concaves.**—On considère des miroirs de *petite ouverture*, c'est-à-dire dont l'angle au centre ne dépasse pas 8 ou 9 degrés, et n'admettant que des *rayons centraux*, c'est-à-dire des rayons parallèles à l'axe principal ou très  
115 peu inclinés et très voisins de cet axe.

On peut simplifier les constructions en les réduisant, dans tous les cas, à *des constructions planes* faites dans le plan de la section principale.

*Images.*—*L'expérience prouve* qu'un miroir concave donne,  
120 d'un point lumineux placé devant lui, une image nette, réelle ou virtuelle; elle est, dans le premier cas, le point de concours de tous les rayons réfléchis; dans le deuxième cas, le point de concours de leurs prolongements.

## RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.

**Phénomène de la réfraction; définitions.**—Quand un  
125 mince faisceau cylindrique de rayons lumineux tombe sur un corps transparent, une partie de ces rayons est réfléchi, tandis qu'une autre partie pénètre dans le corps et le traverse.



130  
135 Fig. 2.—Phénomène de la réfraction.

Dans ce milieu transparent, la lumière se propage en ligne droite, comme dans l'air; mais la nouvelle direction des rayons n'est pas la même que la première.

On appelle *réfraction* cette déviation que subit la lumière quand elle passe d'un milieu transparent, tel que l'air, dans un autre milieu transparent, tel que l'eau ou le verre.

Soit PQ la surface de séparation de deux milieux trans-

## RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.

parents ; l'air au-dessus de PQ, et l'eau au-dessous, par Lu.  
 exemple. Soit AI un rayon lumineux qui arrive sur PQ : 141  
 c'est le *rayon incident*. Le point I est le point d'incidence ;  
 la perpendiculaire IN menée par le point I à la surface de  
 séparation est la *normale* ; l'angle AIN compris entre le  
 rayon incident et la normale est l'*angle d'incidence* ; le plan 145  
 déterminé par le rayon incident et la normale est le *plan*  
*d'incidence* ; le rayon lumineux IB qui pénètre, suivant une  
 direction nouvelle, dans le second milieu transparent, est  
 le *rayon réfracté* ; enfin l'angle BIN' que fait le rayon  
 réfracté avec la normale est l'*angle de réfraction*. 150

**Lois de la réfraction.**—Les lois géométriques de la réfraction sont connues sous le nom de *lois de Descartes*.

1° *Le rayon réfracté est contenu dans le plan d'incidence.*

2° *Pour deux milieux déterminés, il existe un rapport constant entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de 155*  
*l'angle de réfraction.*

Ce rapport constant se nomme l'*indice de réfraction* du second milieu par rapport au premier ; nous le désignerons d'habitude par la lettre  $n$  :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n, \quad 160$$

ou, plus simplement,

$$\sin i = n \sin r.$$

Quand le rayon lumineux, en pénétrant dans le second milieu, *se rapproche* de la normale, on dit que le second milieu est plus *réfringent* que le premier ; dans ce cas,  $r$  est 165  
 inférieur à  $i$ , et l'indice de réfraction est plus grand que 1.

Si, dans ce cas, on fait arriver la lumière en sens inverse, de façon qu'elle passe du second milieu dans le premier, elle s'écarte de la normale. L'expérience montre, d'ailleurs, que la lumière, qui suit le chemin AIB quand elle va du 170

Lu. premier milieu dans le second, suit le chemin exactement inverse BIA quand elle va du second milieu au premier.

### LENTILLES CONVERGENTES.

Prenons une *lentille biconvexe* et tournons-la du côté du soleil, de telle façon que son axe principal soit dirigé vers  
175 le soleil.

A défaut du soleil, nous pouvons y suppléer par une *lanterne de projection* capable d'envoyer sur la lentille un faisceau cylindrique de rayons parallèles à l'axe principal, identique au faisceau envoyé par le soleil.

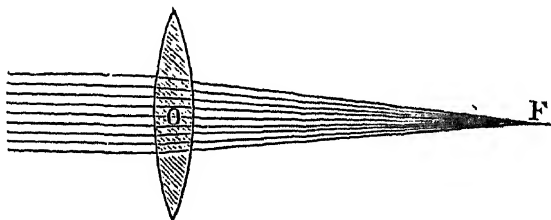


Fig. 3.—Foyer réel d'une lentille convergente.

180 Ces rayons, en traversant la lentille, changent de direction et viennent *converger* en un point unique F, qu'on nomme le *foyer principal* de la lentille. La figure montre que ce foyer est *réel*, car tous les rayons lumineux passent réellement en F.

185 D'ailleurs si on place là un écran, on voit sur cet écran un point fortement éclairé; toute la lumière reçue par la lentille est venue converger, se réunir en ce point. Là aussi a convergé beaucoup de chaleur; si on fait l'expérience avec le soleil, on a assez de chaleur pour mettre le feu  
190 à de la poudre, pour carboniser du papier, un morceau d'étoffe, pour brûler la main.

En faisant cette expérience, nous avons tourné l'une des **Lu.** faces de la lentille vers le soleil, et nous avons obtenu de l'autre côté son foyer principal. Si nous tournons maintenant du côté du soleil l'autre face de la lentille, nous 195 aurons un second foyer réel comme le premier.

Dans une lentille à bords minces, il y a donc *deux foyers principaux réels*. Ces deux foyers principaux sont situés de part et d'autre de la lentille, à *la même distance de cette lentille*, quelles que soient les dimensions relatives des 200 rayons de courbure, qui peuvent ne pas avoir la même longueur; ils ne sont donc pas au milieu des rayons, comme cela a lieu dans les miroirs.

On nomme *distance focale* la distance de chacun des deux foyers au centre optique de la lentille. 205

## LA VISION.

**Mécanisme de la vision.**—*Les images de l'œil.*—L'œil fonctionne comme un système de lentilles convergentes. Par suite de l'action réfringente de la cornée et du cristallin, il se forme sur la rétine une petite image *ab*, renversée et réelle, d'un objet tel que AB. 210

C'est cette image qui sert à la vision. Quand cette image rétinienne est nette, la vision est distincte. L'œil a un centre optique N, situé dans le cristallin, très près de sa surface postérieure, à une distance de 16 millimètres de la rétine. 215

**Champ de vision nette.**—**Diamètre apparent d'un objet.**—

*Champ de vision nette.*—La fovea ayant de très petites dimensions, on ne peut voir nettement que des points situés dans un cône de sommet N et de très petit angle au sommet. Ce cône s'appelle *champ de vision nette*. La petitesse du 220

Le champ de vision nette est compensée par la facilité avec laquelle l'œil se déplace dans son orbite. Il peut ainsi voir *successivement*, mais dans un temps très court, des points très écartés les uns des autres.

225 *Diamètre apparent d'un objet.*—C'est l'angle ANB, formé par les droites passant par le centre optique de l'œil et les points extrêmes de l'objet. Il est facile de voir sur la

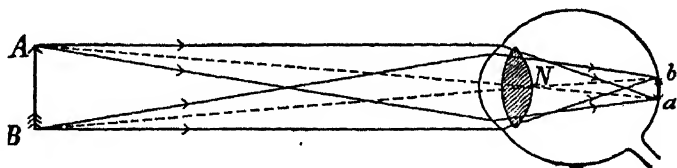


Fig. 4.

figure que l'image rétinienne est de grandeur proportionnelle à cet angle, aussi détermine-t-il la grandeur *apparente* 230 de l'objet. On l'appelle aussi *angle visuel*. Cet angle varie en raison directe de la grandeur de l'objet et en raison inverse de sa distance.

*Accommodation.*—Si l'on place une voilette à 30 centimètres de l'œil, on peut voir nettement, tantôt les mailles 235 de la voilette, tantôt les objets éloignés ; mais, lorsque ceux-ci sont vus nettement, les mailles deviennent confuses et inversement. L'œil, normalement constitué, voit nettement des objets situés à une distance infinie, la lune par exemple ; c'est donc qu'alors son plan focal est situé sur la 240 rétine. Si l'œil ne pouvait pas se modifier spontanément, les images d'objets plus rapprochés se feraient au delà du plan focal, c'est-à-dire au delà de la rétine et ces objets ne seraient pas vus nettement.

# SON.

## PRODUCTION DU SON.

**Le son est dû à un mouvement vibratoire.**—L'*acoustique* so. est la partie de la physique dans laquelle on s'occupe de l'étude des *sons*.

Le son est une *impression produite sur l'oreille*; il a toujours son origine dans un *rapide mouvement vibratoire*, 5 et nécessite, pour être ressenti, l'*existence d'un milieu élastique interposé entre le corps vibrant et l'oreille*.

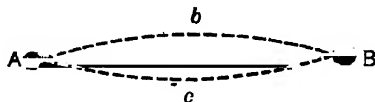


Fig. 1.—Vibration d'une corde tendue.

Pour que nous puissions bien comprendre cette définition, il nous faut d'abord savoir ce que c'est qu'une *vibration*.

Voici une corde métallique fortement tendue entre deux 10 points fixes, A et B. Je la prends par le milieu, je l'écarte de sa position d'équilibre, et je l'abandonne à elle-même. Elle prend aussitôt, sous l'influence de son élasticité, un rapide mouvement de va-et-vient, entre deux positions extrêmes AbB et AcB.

C'est ce rapide mouvement de va-et-vient qui constitue une *vibration*. 15

50. De même, nous dirons qu'un corps exécute des *vibrations* chaque fois qu'il prendra, *sous l'influence de son élasticité*,  
 20 un rapide mouvement de va-et-vient. Tel est le cas, par exemple, d'une lame d'acier, serrée dans un étau à l'une de ses extrémités, et dont on écarte l'autre extrémité de la position d'équilibre, ou d'un timbre de bronze que l'on frotte avec un archet.
- 25 On nomme *amplitude* de la vibration l'écart entre les deux positions extrêmes du corps vibrant, mesuré à l'endroit où cet écart est le plus grand.

### INTERVALLES MUSICAUX.

**Rapport des nombres de vibrations.**—Dans chaque gamme, en effet, le rapport du nombre de vibrations de  
 30 chaque note au nombre de vibrations de la première a une valeur bien déterminée, indépendante de la hauteur de cette première note.

Ces rapports sont les suivants :

	ut	ré	mi	fa	sol	la	si	ut
35	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.

Si, par exemple, nous appelons *ut* une note correspondant à 321 vibrations par seconde, les vibrations des notes de la gamme commençant par cet *ut* sont respectivement : 321  $321 \times \frac{9}{8}$   $321 \times \frac{5}{4}$  . . . .  $321 \times 2$ .

- 40 La gamme qui viendrait, en montant, à la suite de cette première, présenterait les mêmes rapports dans ses nombres de vibrations, qui seraient dès lors :

$$321 \times 2 \quad 321 \times 2 \times \frac{9}{8} \quad 321 \times 2 \times \frac{5}{4} \quad \dots \quad 321 \times 2 \times 2,$$

et ainsi de suite.

Le rapport constant qui existe entre le nombre des vibrations d'une note et le nombre des vibrations de la première, ou note fondamentale, porte le nom d'intervalle.

Dans tout ce qui va suivre, le mot *intervalle* indiquera donc le quotient de deux nombres de vibrations.

La connaissance des *intervalles* permet de calculer immédiatement le nombre de vibrations qui correspond à une note d'une gamme quand on connaît le nombre de vibrations d'une autre note de cette gamme.

Dans les gammes successives, on est convenu de représenter par  $ut_1$  l'*ut* de l'une d'elles, par  $ut_2$ ,  $ut_3$ ,  $ut_4$ , les premières notes des gammes successives plus élevées que la première. De même les gammes plus graves que la première auront leurs premières notes désignées par  $ut_{-1}$ ,  $ut_{-2}$ .

Cette notation permet de passer immédiatement du nombre de vibrations correspondant à une note d'une gamme, au nombre de vibrations correspondant à une autre note d'une autre gamme.

## CORDES SONORES.

**Harmoniques.**—En fixant légèrement le milieu d'une corde vibrante et en attaquant une des moitiés, la corde

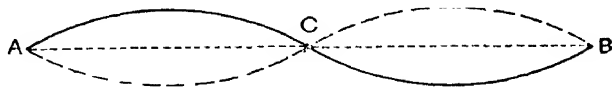


Fig. 2.

vibre, mais son milieu reste fixe (Fig. 2). Elle passe de la position marquée en traits pleins à la position symétrique par rapport à la droite AC. Le milieu s'appelle alors un



80. *nœud de vibration* ; les deux extrémités sont aussi des  
 70 nœuds. Le milieu de la distance de deux nœuds s'appelle  
 un *ventre de vibration*. On dit aussi que la corde est

Fig. 3.

partagée en deux *concamérations*. En même temps, conformément à la loi des longueurs, elle rend un son qui est à l'octave du son dit *fondamental*, qu'elle rend en vibrant  
 75 dans toute sa longueur.

De même, si l'on appuie un chevalet au tiers de la corde (Fig. 3), et si l'on fait vibrer la portion BD avec un archet, l'autre portion AB se subdivise alors *spontanément* en deux parties AC, CB qui vibrent séparément, le point C  
 80 demeurant sensiblement fixe. En effet, si l'on place des chevrons de papier, l'un en C, un autre entre B et C, un troisième entre C et A, celui qui est en C n'éprouve qu'un léger ébranlement, tandis que les deux autres sont projetés au loin. Il y a donc un nœud au premier point et des  
 85 ventres aux deux autres. Si le chevalet B est au quart de la corde, il se produit entre A et B deux nœuds et trois ventres ; s'il est au cinquième, il se forme entre les mêmes points trois nœuds et quatre ventres et ainsi de suite.

#### PHÉNOMÈNES DE RÉSONANCE.

90 Imaginons un corps capable de prendre un mouvement oscillatoire de période déterminée, un pendule, par exemple, et communiquons-lui une petite impulsion, il accomplira une oscillation de faible amplitude. Mais si, après une

période complète, nous lui donnons une nouvelle impulsion 80.  
dans le même sens, l'effet de cette impulsion s'ajoutera à 95  
celui de la première, et l'oscillation augmentera d'amplitude.  
On conçoit donc que, si l'on communique à un système  
capable d'osciller, des impulsions dont la période est égale  
à la période propre d'oscillation du système, ce dernier va  
prendre, au bout d'un certain temps, un mouvement oscil- 100  
latoire de grande amplitude. Au contraire, si les impul-  
sions n'ont pas la période des oscillations propres du corps,  
elles seront tantôt dans le sens du mouvement pris par le  
corps oscillant, tantôt en sens inverse, de sorte que l'effet  
des unes détruira celui des autres, et le corps n'accomplira 105  
que des oscillations de très faible amplitude.

Par exemple, c'est en rythmant sur la période d'oscil-  
lation d'une cloche les efforts qu'il exerce sur la corde,  
que le sonneur parvient à donner à la cloche des oscilla-  
tions d'amplitude suffisante. De même, si l'on se place 110  
sur un pont suspendu, et si l'on exerce sur lui des efforts  
avec une période égale à sa période propre, on peut lui  
communiquer des oscillations d'amplitude dangereuse pour  
sa solidité.

Ces phénomènes portent le nom de *phénomènes de ré-* 115  
*sonance*, parce qu'ils se présentent d'une manière parti-  
culièrement intéressante en acoustique.

Imaginons que, à côté d'un corps susceptible de rendre  
un son, mais ne vibrant pas, on émette un son de même  
hauteur que le sien propre. L'air va transmettre au corps 120  
sonore des impulsions de période égale à sa période propre  
de vibration. Le corps sonore se mettra donc à vibrer.  
Il n'en est pas de même, si le son que l'on rend à côté  
de lui n'a pas la même hauteur.

On réalise ces conditions très facilement, en plaçant à 125  
côté d'un diapason un autre diapason capable de rendre

80. un son de même hauteur. Lorsqu'on met le premier en vibration le second vibre aussi, *par résonance*. Il en est de même de deux cordes à l'unisson: si l'on fait vibrer l'une, 130 l'autre vibre également. Enfin, si, devant un piano, on émet un son de hauteur donnée, la corde qui est capable de rendre le même son se met à résonner. Les tuyaux sonores présentent le même phénomène. Si, de l'ouverture d'un tuyau, on approche un diapason accordé sur 135 le tuyau, le tuyau *parle*, et le son qu'il émet renforce celui qu'émet le diapason et qui, sans cela, serait à peine perceptible. C'est aussi pour cette raison qu'on munit toujours les diapasons d'une caisse de résonance, qui n'est autre chose qu'un tuyau sonore accordé sur le 140 son du diapason.

## MAGNÉTISME.

### PROPRIÉTÉS DES AIMANTS.

**Actions mutuelles des pôles des aimants.**—Si l'on présente au pôle Nord  $a$  d'un aimant mobile le pôle Nord A d'un autre aimant, on remarque une répulsion; qu'on approche, au contraire, le même pôle A du pôle Sud  $b$  de l'aiguille mobile, il se produit une attraction. De même le pôle Sud de l'aimant tenu à la main produit deux actions contraires sur les pôles  $a$  et  $b$ , mais en sens inverse: il y a répulsion avec l'un et attraction avec l'autre.

On en conclut que, lorsque des aimants sont en présence, *les pôles de mêmes noms se repoussent, et les pôles de noms contraires s'attirent.*

**Loi des attractions et des répulsions magnétiques.**—*L'attraction ou la répulsion qui s'exerce entre deux pôles d'aimant varie en raison inverse du carré de la distance des pôles.* En disposant les pôles des aimants à des distances variables, on voit, en effet, facilement, que leurs actions mutuelles diminuent rapidement en même temps que leurs distances augmentent.

La mesure exacte des forces montre que si l'on double ou si l'on triple la distance des pôles, l'attraction ou la répulsion devient 4 fois, 9 fois plus petite, c'est-à-dire que ces forces suivent bien la loi que nous avons énoncée.

**Ma.** Cette loi a été établie par les expériences de Coulomb. Il mesurait la force qui s'exerce entre deux pôles d'aimant, 25 au moyen d'un appareil qu'il avait inventé à cet effet : la *balance de torsion*. Les expériences de Coulomb étaient peu précises, mais la loi qu'il a énoncée n'en est pas moins certaine, car toutes les conséquences qu'on a pu en tirer par voie de déduction ont été trouvées conformes à la réalité.

### MAGNÉTISME TERRESTRE.

30 **Mesure de la déclinaison.—Boussole de déclinaison.—**La déclinaison magnétique en un lieu donné se mesure au moyen d'une *boussole de déclinaison*.

Une boussole de déclinaison se compose essentiellement d'une aiguille aimantée, mobile sur un pivot bien vertical, 35 et dont les extrémités se déplacent sur un cercle divisé. Le méridien géographique du lieu étant connu, on sait par quelles divisions NS du limbe passe la méridienne géographique. Il suffit alors de lire sur le limbe l'angle de l'aiguille avec la ligne NS.

40 **Variations de la déclinaison.—**La déclinaison de l'aiguille aimantée est très variable d'un lieu à un autre ; elle est *occidentale* en Europe et en Afrique, *orientale* en Asie et dans les deux Amériques. De plus, dans un même lieu elle présente de nombreuses variations : les unes, qu'on 45 peut considérer comme régulières, sont séculaires, annuelles ou diurnes ; les autres, qui sont irrégulières, se désignent sous le nom de *perturbations*.

**Mesure de l'inclinaison.—Boussole d'inclinaison.—**L'inclinaison magnétique en un lieu donné se mesure à l'aide 50 d'une *boussole d'inclinaison*.

Dans cet instrument l'aiguille est mobile autour d'un axe

horizontal et ses extrémités se déplacent sur un cercle **Ma.** divisé vertical, lequel est mobile autour d'un axe vertical. Si l'on place le plan du limbe dans le méridien magnétique, l'inclinaison sera donnée par l'angle de l'aiguille avec le 55 plan horizontal.

La théorie et l'expérience montrent que, si l'on place l'aiguille dans un plan vertical autre que le méridien magnétique, son inclinaison varie : elle est minimum dans le méridien magnétique, et égale à  $90^\circ$  dans un plan per- 60 pendiculaire. Il suffira donc de faire tourner le cercle et de prendre le plus petit angle que fait l'aiguille avec l'horizon.

**Variations de l'inclinaison.—Equateur et pôles magnétiques.**—L'inclinaison varie d'un lieu à un autre suivant une loi bien déterminée. Dans notre hémisphère c'est le 65 pôle N de l'aiguille qui plonge au-dessous de l'horizon. On observe vers le pôle nord géographique des points où l'inclinaison est de  $90^\circ$  ; puis, à partir de là, elle décroît avec la latitude jusqu'à l'équateur, où elle est nulle, tantôt sur ce cercle même, tantôt en des points qui en sont peu 70 distants.

Dans l'hémisphère austral l'inclinaison reparaît, mais en sens contraire : car c'est le pôle sud de l'aiguille qui s'abaisse au-dessous de l'horizon.

#### CHAMP MAGNÉTIQUE.

**Expérience du spectre magnétique ; lignes de force.**— 75 Posons sur une table un gros aimant, et recouvrons-le d'une lame de verre ou de carton. Au moyen d'un tamis projetons sur le carton, d'une certaine hauteur, de la fine limaille de fer.

Les grains de limaille se disposent en lignes courbes régu- 80

Ma. lières, qui divergent à partir des deux pôles. L'ensemble de ces lignes a reçu le nom de *spectre magnétique*.

Pour expliquer cette disposition spéciale des grains de limaille de fer, il nous faut nous appuyer sur un fait  
85 d'expérience qui sera bientôt mis en évidence. Ce fait est le suivant : un morceau de fer doux, placé dans le voisinage d'un aimant, s'aimante lui-même par influence.

Dès lors, chaque grain de limaille, en pénétrant dans le champ magnétique, s'est aimanté, et par suite s'est orienté,  
90 comme la petite aiguille de déclinaison employée dans l'expérience du paragraphe précédent. C'est à la succession des grains de limaille ainsi orientés qu'est dû le dessin que nous voyons.

Si nous examinons un des grains de limaille en particulier,  
95 la direction de son orientation nous montre la direction des forces du champ qui agissent sur lui. Et par suite une des lignes constitutives du spectre indique les directions successives des forces du champ qui agissent sur les grains de limaille disposés le long de cette ligne.

100 Pour cette raison, on nomme *lignes de force* du champ les lignes dessinées par la limaille.

Ces lignes jouissent d'une propriété facile à mettre en évidence par une expérience. Prenons une très petite aiguille aimantée, mobile autour d'un petit pivot vertical ;  
105 posons ce pivot en un point quelconque du spectre magnétique, nous voyons l'aiguille s'orienter de façon que sa direction soit tangente à la ligne de force passant par le point considéré. De là cette propriété : *une ligne de force est, en chacun de ses points, tangente à la direction de la force.*

110 Cette propriété est même prise, ordinairement, comme définition de la *ligne de force*, qui est, dès lors, *une ligne tangente, en chacun de ses points, à la force qui sollicite un pôle magnétique placé dans le champ.*

## AIMANTATION.

**Procédés d'aimantation.**—De tous les métaux, l'*acier Ma. trempé* est celui qui a la plus grande force coercitive. C'est <sup>115</sup> donc celui qui est le plus propre à la confection des aimants permanents.

Autour d'un aimant, naturel ou artificiel, l'intensité du champ est toujours trop faible pour communiquer par influence une intensité d'aimantation notable dans un barreau <sup>120</sup> d'acier trempé.

On arrive à de meilleurs résultats en *frottant* le barreau avec un aimant. Cette friction produit, dans le métal, des vibrations qui ont pour effet de diminuer la force coercitive, et de faciliter par suite l'aimantation sous l'influence du <sup>125</sup> champ. Puis, les vibrations venant à cesser, la force coercitive reprend sa valeur normale, et l'aimantation acquise pendant le frottement se conserve.

Pour obtenir un aimant, on n'a donc qu'à frotter un barreau d'acier trempé avec le pôle d'un aimant, en allant <sup>130</sup> toujours dans le même sens. A l'extrémité par laquelle on commence l'opération il se produit un pôle de même nom que le pôle avec lequel on frotte.

Divers modes de frictions, un peu plus complexes, ont été autrefois employés. Ils n'ont plus d'intérêt aujourd'hui, <sup>135</sup> parce que, dans la pratique, on aimante toujours l'acier trempé sans friction, par l'action d'un courant électrique, comme nous aurons à le montrer.

Quand on veut obtenir des aimants puissants, on aimante *séparément* un certain nombre de lames d'acier trempé, <sup>140</sup> puis on les réunit en un faisceau unique ; une armature de fer doux assemble à chaque extrémité les pôles de même nom.

Le faisceau magnétique peut, soit conserver la forme rectiligne, soit être recourbé en fer à cheval.



# ÉLECTRICITÉ.

## ELECTRISATION PAR INFLUENCE.

El. **Electroscope à feuilles d'or.**—Le développement de l'électricité par influence peut se montrer aussi à l'aide de l'*électroscope à feuilles d'or*.

Il se compose d'une tige métallique, terminée à sa partie supérieure par une petite boule métallique, à sa partie inférieure par deux feuilles d'or extrêmement minces qui, collées par leur extrémité supérieure, sont libres par leur extrémité inférieure.

La tige passe dans un bouchon enduit de paraffine, bouchon qui est fixé à la tubulure supérieure d'une cloche de verre. Cette cloche a deux autres tubulures munies de tiges métalliques maintenues en communication avec le sol par de petites chaînes métalliques.

Qu'on approche de la boule un bâton de verre chargé par frottement d'électricité positive, on voit les feuilles d'or s'écarter l'une de l'autre, *diverger*. C'est qu'elles se sont, d'après ce qui précède, chargées d'électricité positive et qu'elles se sont repoussées mutuellement.

Qu'on touche la boule avec le doigt, les feuilles retombent, parce que leur charge positive s'en va, tandis que la charge négative qui est sur la boule y reste.

Qu'on éloigne le bâton de verre, et la charge négative de la boule, qui n'est plus attirée vers le haut, se répand partout, jusque dans les feuilles d'or, qui divergent de nouveau. L'*électroscope est chargé d'électricité négative*.

## INFLUENCE ELECTROSTATIQUE.

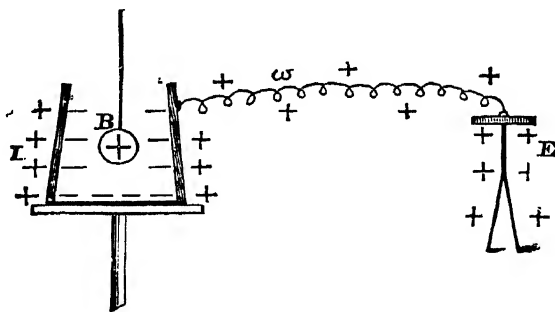
**Théorème de Faraday.**—Il est intéressant de savoir s'il en existe pas une *relation* entre les quantités d'électricité *influençante* et *influencée*.

Faraday a énoncé, à ce sujet, le théorème suivant :

*Un corps électrisé développe autour de lui par influence une 30 quantité d'électricité égale et de signe contraire à celle qu'il*

On vérifie cette loi par l'expérience de la manière suivante :

Un cylindre creux de laiton I communiquant par un fil



de cuivre avec la boule d'un électroscope, est à l'état neu- 35 tre ; si on y descend une sphère B électrisée positivement par exemple, et isolée par un fil de soie, les feuilles d'or divergent : elles sont électrisées positivement comme on pourrait le vérifier. La divergence augmente jusqu'à ce que la boule ait atteint un certain niveau à partir duquel 40 la charge de l'électroscope est constante. La surface extérieure du cylindre I est donc électrisée positivement ; par suite, la surface interne l'est négativement. Et ces deux quantités sont égales ; car si l'on enlève B, les feuilles de

El. l'électroscope retombent ; ce qui n'arriverait pas s'il y avait  
 46 un excès d'électricité, soit positive, soit négative, sur le conducteur I.

De plus, si l'on fait toucher le fond du cylindre I à la  
 sphère B, la divergence des feuilles reste constante : donc  
 50 la charge extérieure est restée la même qu'avant le contact.  
 La boule B est déchargée, on peut le constater à l'aide d'un  
 électroscope. Il résulte, de ces deux faits d'observation,  
 que les quantités d'électricité étaient égales et de signes  
 contraires sur la boule influençante et à l'intérieur du  
 55 cylindre influencé.

### LE POTENTIEL.

Niveaux électriques, flux d'électricité, courant électrique.—Si l'on fait communiquer, par le contact mutuel,  
 deux sphères électrisées positivement par exemple, et reconnues au préalable à des potentiels différents à l'aide de  
 60 l'électroscope, on constate que le conducteur unique ainsi  
 formé est à un potentiel intermédiaire entre ceux des deux  
 sphères avant le contact, absolument comme le contact  
 de deux corps, l'un à  $80^\circ$ , l'autre à  $20^\circ$ , établit un corps  
 unique, à une température intermédiaire entre les tempé-  
 65 tures initiales :  $20^\circ$  et  $80^\circ$ .

Il se produit, au moment où l'on établit le contact de  
 deux corps à des potentiels différents, un *courant électrique*  
 allant du corps à potentiel élevé au corps à potentiel plus  
 faible. Ce *courant*, ou *flux d'électricité*, a pour effet d'*éga-*  
 70 *liser les potentiels* des deux corps mis en contact ; absolu-  
 ment comme le *courant hydraulique*, qui prend naissance  
 au moment où l'on fait communiquer deux vases, renfer-  
 mant de l'eau à des niveaux différents, a pour effet d'établir  
 le même niveau hydraulique dans les deux vases.—Il est

facile de comprendre que si les *niveaux hydrauliques* sont **El.** primitivement égaux dans les deux vases communicants, il **76** ne se produira aucun courant dans l'ensemble des deux vases : il en sera de même pour le contact de deux corps *au même potentiel*, comme nous l'avons déjà dit.

**Capacité électrique.**—Considérons un conducteur élec- **80** trisé parfaitement isolé, et situé ou non dans le champ d'un autre conducteur électrisé voisin.

De même que l'on nomme *capacité calorifique* d'un corps le *nombre de calories* qu'il faut lui fournir pour augmenter sa température de 1° centigrade, de même on appelle **85** *capacité électrique* d'un conducteur la quantité d'électricité qu'il faut lui donner pour que son potentiel augmente d'une unité.

## EFFETS CALORIFIQUES DES COURANTS.

**Chaleur dégagée dans les conducteurs d'un courant électrique.**—Lorsqu'un corps quelconque est traversé par **90** un courant électrique, il s'y produit un dégagement de chaleur qui, si elle n'est pas dissipée immédiatement, élève sa température.

En général, les conducteurs perdent cette chaleur soit par rayonnement à travers l'air ambiant, soit par convection à **95** travers cet air, soit par conduction calorifique à travers les corps voisins. Ces causes de déperdition de la chaleur augmentent à mesure que la température s'élève ; le conducteur atteint donc forcément une *température limite*, pour laquelle la déperdition égale le dégagement de la **100** chaleur que produit le courant. Cette température est d'autant plus élevée que l'on soustrait mieux le conducteur aux causes de déperdition ; elle n'aurait pas de limite si on supprimait totalement ces causes.

El. Ce phénomène peut devenir un danger; aussi, en vue  
106 des applications pratiques, doit-on déterminer, par l'expérience, l'intensité maximum du courant qu'on devra admettre dans les fils métalliques de divers diamètres, placés dans des conditions variées (fil nu ou recouvert d'un  
110 isolant, placé ou non dans une moulure en bois) afin qu'il n'en résulte aucun danger de fusion du fil ou d'inflammation des corps voisins.

*Coupe-circuit.*—Pour supprimer les dangers d'incendie et garantir les appareils contre les accidents dus à ces  
115 effets calorifiques, on dispose sur le circuit un fil de plomb ou d'alliage fusible, placé dans une boîte incombustible en porcelaine, et qui fond lorsque, pour une cause quelconque, la température devient trop élevée. Le courant est alors interrompu. Pour cette raison ces appareils ont reçu le  
120 nom de *coupe-circuit*.

**Loi de Joule.**—L'expérience la plus simple montre que la quantité de chaleur dégagée dans un conducteur par un courant est d'autant plus grande que l'intensité du courant est plus grande et que le conducteur a une plus grande  
125 résistance électrique. C'est ainsi que, si l'on intercale sur un circuit un fil métallique fin (de fer ou de platine, par exemple), on le voit rougir, si l'intensité du courant est suffisante, puis fondre et même se volatiliser, si l'on augmente l'intensité du courant.

130 Joule a étudié comment varie la quantité de chaleur dégagée par un courant dans un fil métallique.

Il a établi la loi suivante, connue sous le nom de *Loi de Joule*.

*La quantité de chaleur dégagée par un courant dans un même conducteur et pendant un temps donné est proportion-*  
135 *nelle au carré de l'intensité du courant.*

## COURANT ÉLECTRIQUE.

**Constantes du courant électrique.**—Le courant d'une **El.** pile est caractérisé par *trois quantités essentielles* : la *force électromotrice*, l'*intensité*, la *résistance* ; nous allons en donner la définition, et indiquer les unités à l'aide des- 140  
quelles on les évalue dans la pratique.

**a. Force électromotrice.**—C'est la *différence des potentiels* aux pôles de la pile. L'unité de force électromotrice pratique est sensiblement la force électromotrice de la *pile de Daniel*, que nous décrirons ; on lui donne le nom de *volt* 145  
(abréviation de : *Volta*) ; la force électromotrice d'une pile s'exprime donc en *volts* ; on la désigne par la lettre *E* dans les calculs.

**b. Intensité.**—C'est la *quantité d'électricité* qui traverse, par *seconde*, la *section droite du circuit extérieur de la pile*. 150  
L'unité pratique d'intensité est l'*ampère*, c'est l'intensité du courant qui dégage par seconde, dans une pile, 0 milligramme 01035 d'hydrogène. L'intensité d'un courant s'exprime en *ampères* ; on la désigne par *I*.

La *quantité d'électricité* transportée par le courant dans 155  
un temps déterminé exprimé en secondes, et à travers la section droite du circuit, s'exprime en *coulombs* ; le *coulomb* est l'unité pratique de quantité ; il correspond à un *ampère par seconde*. Si la quantité d'électricité fournie par un courant dans le temps *t* (en secondes) est *Q* (en coulombs), 160  
on aura donc, pour son *intensité* (en ampères) :

$$I = \frac{Q}{t}.$$

**c. Résistance.**—Tous les métaux ne se laissent pas également traverser par le courant électrique ; ainsi, des fils de

El. même section droite, mais de densités différentes, ne laissent  
 166 pas passer la même quantité d'électricité, dans le même  
 temps, à travers leur section droite: on dit qu'ils sont  
*inégalement conducteurs* ou *inégalement résistants* au pas-  
 sage du courant. L'unité pratique de résistance est l'*ohm*  
 170 (du nom du physicien qui a étudié les résistances des con-  
 ducteurs): c'est la *résistance* opposée au passage du courant  
 par une colonne de mercure de 106 centimètres de long et de  
 1 millimètre carré de section droite, à la température de 0°;  
 ou la résistance d'un fil de cuivre rouge électrolytique de 48  
 175 mètres de long et 1 millimètre de diamètre. On la désigne  
 par la lettre R dans les formules.

**Formule d'Ohm** (*Relation entre les constantes du courant*).

—Le physicien allemand Ohm a trouvé, par l'expérience, la  
 relation qui lie *trois constantes* du courant qui circule dans  
 180 un fil donné.—Elle est exprimée par la formule suivante :

$$I = \frac{E}{R},$$

dite *formule d'Ohm*.

**Résistance.**—Ohm a trouvé que la résistance R d'un con-  
 ducteur pouvait être donnée par la formule :

$$185 \quad R = \frac{l}{cs};$$

dans laquelle *l* est la longueur, *s* la section droite du con-  
 ducteur, et *c* une constante dépendant de la nature du fil,  
 et que l'on nomme *coefficient de conductibilité spécifique du*  
*métal* du conducteur.—En général, *l* est exprimée en mètres,  
 190 et *s* en millimètres carrés; aussi fournit-on la résistance  
 des principaux métaux qui entrent dans la construction  
 des fils conducteurs, pour 1 mètre de long et 1 millimètre  
 carré de section droite, c'est-à-dire la *résistance spécifique*.

**Résistivité.**—Dans le système C. G. S. on exprime  $l$  en **El.** centimètres, et  $s$  en centimètres carrés. La *résistance* 195 *spécifique*, dans ce système, se nomme *résistivité*; elle vaut 100<sup>2</sup> fois moins que la *résistance spécifique*. A l'aide des *résistances spécifiques*, on obtiendra aisément les *résistivités correspondantes*.

Voici les *résistances spécifiques* des principales substances 200 conductrices employées soit dans les piles, soit pour transmettre les courants (elles correspondent à :  $l = 1$  mètre, et  $s = 1$  millimètre carré et ont été obtenues à 0°).

Les valeurs suivantes sont exprimées en ohms internationaux :

Argent .....	0,015	
Aluminium.....	0,03	
Cuivre (du commerce).....	0,020	
Fer .....	0,10	
Maillechort (Cu-Zn-Ni) .....	0,27	210
Charbon des cornues .....	700	
Mercure .....	0,95	
Acide azotique .....	21.500	
Sulfate de cuivre (densité 1, 12) .....	372.300	
Sulfate de zinc (densité 1, 12) .....	350.000	215
Eau acidulée au $\frac{1}{20}$ , à l'ac. sulfurique .....	15.700	

Ce tableau nous montre la facilité plus ou moins grande avec laquelle le courant traverse les diverses substances dites conductrices.

Si, en effet, nous remarquons que, pour : 220

$$l = 1m, \quad s = 1mmq,$$

nous avons :

$$R = \frac{1}{c};$$

par suite :

$$c = \frac{1}{R}; \quad 225$$

la *conductibilité spécifique* sera l'inverse de la *résistance spécifique*. Ainsi l'argent, le cuivre, le fer, le mercure,



El. conduisent bien le courant; les *acides*, au contraire, ont une *conductibilité très faible*.

230 La *résistance* d'un fil métallique, d'une substance conductrice quelconque *augmente avec la température*.

Dans le cas du cuivre—généralement employé pour le circuit des courants électriques—on trouve que la résistance d'un fil à  $t^{\circ}$  est (en ohms) :

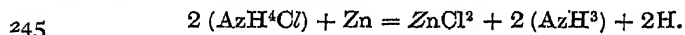
$$235 \quad R = R_0 \alpha^t;$$

dans laquelle  $R_0$  est la résistance à  $0^{\circ}$ ;  $t$ , la température en degrés centigrades, et  $\alpha = 1,0037$ .

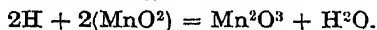
#### PILES HYDRO-ELECTRIQUES.

La *pile Leclanché* se compose d'une baguette de zinc qui plonge dans une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque  
240 contenue dans un vase en verre, et d'une lame de charbon entourée de deux lames solides obtenues en comprimant une pâte faite de bioxyde de manganèse et de charbon en poudre.

Le zinc attaque le chlorhydrate d'ammoniaque quand la pile est en circuit fermé :



L'hydrogène est réduit par le bioxyde de manganèse :



Constantes:  $e = 1$  volt 475;  $r = 3$  à 5 ohms (au début,  $r = 1$  ohm environ; le dépôt de sels sur la paroi du vase  
250 poreux l'accroît assez vite).

Cette pile n'est pas *constante*, à cause de l'intermittence de la dépolarisation par le bioxyde de manganèse. Son emploi ne doit être qu'intermittent lui-même: sonneries, téléphonie.

525 **Usages et avenir des piles hydro-électriques.**—Les piles hydro-électriques ne peuvent guère recevoir qu'une applica-

tion intermittente: le prix de revient du zinc (0 fr. 50 en moyenne le kilog.) ne permet pas d'en faire un usage courant, pour l'éclairage électrique ou la galvanoplastie par exemple.

260

Les *dynamos* sont préférables: au point de vue de l'économie obtenue dans le prix de revient de l'énergie électrique, et par la commodité et la simplicité de leur entretien et de leur fonctionnement.

La *puissance extérieure* d'une pile est le produit  $I^2R'$  du carré de l'intensité du courant, par la résistance du circuit extérieur (d'après la formule de Joule). La *puissance totale* de la pile est:  $I^2 (R + R')$ ;  $R$  étant la résistance intérieure de cette pile.

Le calcul montre que la puissance extérieure d'une pile ne dépasse pas la moitié de sa puissance totale.

La *consommation en zinc* d'une pile est d'environ 500 grammes par kilowatt de puissance totale et *par heure* pour les piles dépolarisables. Comme la puissance utilisable maxima de telles piles est  $\frac{1}{2}$  de la puissance totale, on peut compter par conséquent sur une dépense de 500 grammes de zinc pour  $\frac{1}{2}$  kilowatt utilisable, soit: 1 kilog. par kilowatt revenant ainsi à 0 fr. 50. Il faut ajouter à cette dépense, celle du liquide actif et du dépolarisant, et enfin les frais de manutention. En somme, le prix net de revient du kilowatt d'énergie électrique fournie par les piles est infiniment supérieur à celui du courant des dynamos.

La seule application pratique des piles n'est guère possible, comme nous l'avons dit, qu'en télégraphie, en téléphonie, et dans quelques cas où l'on n'a besoin que d'un courant intermittent de faible puissance: signaux électriques, sonneries-avertisseurs, explosion de dynamite ou de torpilles, expériences de laboratoire.

## CHIMIE.

### LOIS DE GAY-LUSSAC.

**Ch. Lois des combinaisons en volumes des gaz.**—Ces lois sont au nombre de deux et s'énoncent dans les termes suivants :

1° *Lorsque deux gaz se combinent, les volumes des composants sont entre eux dans un rapport simple ;*

2° *Le volume du composé formé, mesuré à l'état gazeux, est dans un rapport simple avec la somme des volumes des composants.*

Si nous comparons ces deux énoncés à l'énoncé de la loi des poids et à celui de la loi des proportions définies, nous sommes amenés à faire deux constatations importantes.

Et tout d'abord le poids du composé est égal à la somme des poids des composants, tandis que le volume du composé, à l'état gazeux, peut très bien être différent, et est même généralement différent, de la somme des volumes des gaz composants.

La seconde remarque, c'est que les rapports des poids suivant lesquels les corps se combinent sont invariables, mais ne présentent aucune simplicité ; tandis que les rapports des volumes sont simples, quand les corps considérés sont à l'état gazeux.

Nous allons comprendre plus nettement encore ces lois *ch.* par quelques exemples.

Nous avons étudié l'*analyse* et la *synthèse* de l'eau; nos 25 expériences nous ont montré que 50 cmc. d'hydrogène se combinent à 25 cmc. d'oxygène, pour former de l'eau. Nous verrons plus tard que le volume occupé par la vapeur d'eau ainsi produite, quand elle ne se condense pas, est égal au volume de l'hydrogène qui s'y trouve contenu, 30 c'est-à-dire, ici, à 50 cmc. Nous verrons, d'autre part, que, si l'on pèse les gaz au lieu de mesurer leur volume, on constate que 1 gr. d'hydrogène se combine à 8 gr. d'oxygène, pour former 9 gr. d'eau.

Ainsi donc le poids de l'eau est égal à la somme des 35 poids de l'hydrogène et de l'oxygène constituants; mais le volume de l'eau, mesuré à l'état gazeux, est inférieur à la somme des volumes de l'hydrogène et de l'oxygène.

D'autre part, les rapports des volumes sont extrêmement simples: le volume de l'hydrogène est double de celui de 40 l'oxygène; le volume de la vapeur d'eau est égal au volume de l'hydrogène. Pour les poids, au contraire, on ne trouve pas cette simplicité: le poids de l'oxygène est 8 fois plus grand que celui de l'hydrogène; sans doute il s'agit là d'un rapport qui n'est pas encore bien com- 45 pliqué; mais nous en trouverons d'autres qui le seront beaucoup plus.

Ainsi, quand nous étudierons l'*acide chlorhydrique*, nous verrons que c'est un composé de deux gaz, le *chlore* et l'*hydrogène*. Le *poids* du chlore y est 35 fois et demi plus 50 grand que celui de l'hydrogène; mais si nous considérons les volumes, nous verrons que le *volume* du chlore est *égal* à celui de l'hydrogène. Quant au volume du gaz acide chlorhydrique formé, il est ici égal à la somme des volumes des gaz simples constituants.

## PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES SELS.

ch. Action de la chaleur et de l'électricité.—Beaucoup de sels anhydres sont décomposés par la *chaleur* à des températures plus ou moins élevées. Tels sont les carbonates, les sulfates, les azotates. Les produits de la décomposition  
60 varient avec le genre du sel.

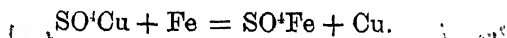
Le *courant électrique* décompose tous les sels. Le *métal* se rend à l'électrode négative, tandis que le reste du sel se rend à l'électrode positive.

Action des métalloïdes.—Il est difficile de rien dire  
65 de général au sujet de l'action des métalloïdes sur les sels. Cette action est étudiée à propos de chaque classe de sels.

L'*oxygène* suroxyde plusieurs sels, soit à froid, soit à chaud.

70 Les corps avides d'oxygène (qu'on nomme *corps réducteurs*), et principalement l'hydrogène et le carbone agissent à une température élevée pour enlever une partie ou la totalité de l'oxygène. +

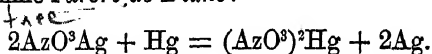
Action des métaux.—Quand on plonge une lame de fer  
bien décapé dans une dissolution de *sulfate de cuivre*, on la voit se recouvrir presque immédiatement d'une couche brillante de cuivre. Le fer a décomposé le sulfate : il s'est substitué au cuivre :



80 C'est là un fait général. Un métal est toujours déplacé de ses dissolutions salines par les métaux plus oxydables que lui, c'est-à-dire par les métaux qui viennent avant lui dans le tableau de la classification des métaux.

Plaçons du mercure au fond d'un verre, puis versons

en it  
dessus une dissolution d'azotate d'argent. Il se forme de ch.  
l'azotate de mercure, tandis que l'argent déplacé cristallise 86  
en lamelles brillantes dans la dissolution, en formant ce  
qu'on nomme l'arbre de Diane:



State Action des acides, des bases et des sels sur les sels; lois 90  
de Berthollet.—L'état physique des corps a une grande 103  
influence sur les réactions qu'ils sont susceptibles de  
produire.

often  
Cette influence de l'état physique est souvent si pré- 90  
pondérante, que Berthollet a pu en tirer des lois, grâce 95  
auxquelles il est possible de prévoir un grand nombre de  
réactions. Ces lois s'appliquent à l'action des acides, des 100  
bases ou des sels sur les sels en dissolution. 105

## OXYGÈNE.

Propriétés chimiques.—L'oxygène est un des corps  
simples qui a le plus de tendances à se combiner avec un 100  
autre corps simple pour former des corps composés. Le  
soufre, le phosphore, le charbon, le fer, chauffés dans l'oxy- 105  
gène, s'y combinent très vivement en produisant beaucoup  
de chaleur, et, par suite, de la lumière. On exprime ce fait  
en disant que ces corps brûlent dans l'oxygène.

De là la définition suivante, dont il faut bien se pénétrer  
dès les débuts de la chimie: un corps qui brûle dans l'oxy-  
gène (ou dans l'air, qui renferme de l'oxygène) est un corps  
qui se combine avec l'oxygène, pour donner naissance à un  
corps composé, avec production de chaleur et de lumière.

Il faut le montrer par quelques expériences simples.

Un morceau de soufre, qu'on a enflammé au contact

21. d'une allumette, brûle avec une flamme bleue, peu éclairante, mais de couleur agréable. Cette flamme vient  
15 de ce fait, que le *soufre* se combine avec l'oxygène contenu dans l'air, pour donner naissance à un composé du soufre et de l'oxygène nommé *anhydride sulfureux*  $\text{SO}^2$ , gaz incolore, à odeur forte et désagréable. Si on introduit ce soufre en combustion dans un flacon plein d'oxygène, la  
20 combustion devient *plus vive*, sans changer pour cela de nature, car l'oxygène pur *entretient* mieux la combustion que l'air, qui n'est pas de l'oxygène pur.


De même un morceau de *phosphore*, qu'on enflamme au contact d'une allumette, brûle dans l'air; sa combustion  
25 devient beaucoup plus vive si on l'introduit dans l'oxygène pur. La flamme, ici, est blanche, extrêmement éblouissante. Elle est due à ce que le phosphore se *combine* à l'oxygène pour donner naissance à un composé du phosphore et de l'oxygène, nommé *anhydride phosphorique*  $\text{P}^2\text{O}^5$ , solide blanc  
30 qui se répand autour du phosphore en combustion, sous forme d'une abondante fumée blanche.

De même encore le *charbon* brûle dans l'air, et, plus vivement, dans l'oxygène. Ici, il n'y a pas de flamme, mais seulement une forte incandescence. Le carbone se  
135 combine à l'oxygène pour donner un gaz incolore et presque sans odeur, l'*anhydride carbonique*  $\text{CO}^2$ . Si le charbon est peu enflammé, qu'il soit sur le point de s'éteindre dans l'air, il se rallume vivement dans un flacon rempli d'oxygène pur. C'est là un des caractères dis-  
140 tinctifs de l'oxygène : *il rallume une allumette ne présentant pas que quelques points en ignition.*

Le *fer*, lui, ne brûle dans l'air que très difficilement, quand il a été très fortement chauffé. Mais il brûle bien dans l'oxygène pur. Prenons un fil de fer enroulé en  
145 spirale; à son extrémité inférieure plaçons un morceau

d'amadou ; allumons l'amadou, et introduisons le tout **ch.** dans un flacon plein d'oxygène.

L'amadou brûle vivement et met le feu au fer. Celui-ci commence donc à brûler à son tour, sans flamme, mais avec une forte incandescence, et des étincelles qui jai- 150 lissent de tous les côtés. Il se forme une combinaison du fer et de l'oxygène, l'*oxyde magnétique de fer*  $\text{Fe}^3\text{O}^4$ , corps solide qui tombe au fond du flacon en globules fondus.

Nous aurons l'occasion de voir comment une foule 155 d'autres corps, simples ou composés, sont de même capables de brûler dans l'air ou dans l'oxygène. 

#### AIR ATMOSPHÉRIQUE.

**Expérience de Lavoisier.**—Nous indiquerons d'abord la méthode d'analyse de Lavoisier, à cause de son importance historique.

160

Dans un petit matras à long col étaient renfermés 120 gr. de mercure ; ce mercure était en contact avec un volume connu d'air, contenu dans le matras et dans une éprouvette.

Le mercure fut porté à une température voisine de 165 l'ébullition et maintenu longtemps à cette température. Après deux jours de chauffe, il commença à se former, à la surface du mercure, de petites parcelles rouges, qui augmentèrent rapidement en nombre et en grosseur. Au bout de douze jours, on mit fin à l'expérience. Le volume 170 de l'air enfermé dans l'appareil, mesuré après refroidissement, fut trouvé notablement inférieur au volume primitif. Le gaz restant présentait toutes les propriétés de l'azote.

Quant aux parcelles rouges, elles furent rassemblées,



Ch. puis introduites dans une très petite cornue de verre munie  
176 d'un tube à dégagement, et chauffées au rouge. L'oxyde  
de mercure, décomposé, laissa dégager l'oxygène qui avait  
été absorbé dans l'expérience précédente.

Lavoisier vérifia enfin que les deux gaz obtenus, mélangés  
180 l'un à l'autre, reproduisaient l'air ordinaire avec toutes ses  
propriétés.

**Eléments constitutifs de l'air.**—L'air est un mélange  
fort complexe.

L'oxygène et l'azote constituent la presque totalité de  
185 son poids.

La *vapeur d'eau* et l'*anhydride carbonique* s'y trouvent  
aussi d'une manière constante, mais en quantité beaucoup  
moindre.

La présence de la vapeur d'eau est facile à mettre en  
190 évidence. Un vase rempli d'un mélange réfrigérant se  
recouvre extérieurement d'une buée provenant de l'humidité  
atmosphérique; les substances avides d'eau (potasse caustique,  
chlorure de calcium) se liquéfient quand on les abandonne à l'air,  
dont elles absorbent l'humidité.

195 La présence de l'*anhydride carbonique* se montre en  
abandonnant à l'air une assiette pleine d'*eau de chaux*  
limpide. Il se forme à la surface une croûte blanche de  
carbonate de calcium.

Enfin, on trouve dans l'air, mais en quantité presque  
200 infiniment petite: de l'*ammoniaque*, de l'*acide sulfhy-  
drique*, de l'*acide azotique*, de l'*ozone*, des *poussières  
minérales*, des *débris de matières organiques*, des *germes  
d'animaux* et de *végétaux microscopiques*.

Chacun des éléments si nombreux dont est constituée  
205 notre atmosphère joue certainement un rôle, plus ou moins  
important, dans l'équilibre de la nature.

Nous nous occuperons uniquement, ici, de la détermination des proportions de l'azote, de l'oxygène, de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique.

Remarquons en outre que l'azote extrait de l'air est lui-même un mélange de divers gaz remarquables par l'absence presque complète d'affinités chimiques. Le plus abondant de ces gaz inertes mélangés à l'azote a reçu le nom d'argon. X

## ACIDE SULFURIQUE.

**Propriétés chimiques.**—L'acide sulfurique est un acide énergique; il suffit d'une goutte de cet acide, même dilué dans une grande quantité d'eau, pour communiquer à la teinture bleue de tournesol une coloration rouge pelure d'oignon.

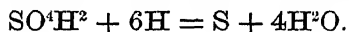
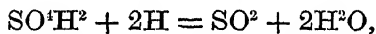
Le mélange de l'acide sulfurique et de l'eau est accompagné d'un dégagement de chaleur considérable; si le mélange est fait dans le rapport de 4 parties d'acide et de 1 partie d'eau, la température peut s'élever jusqu'à 100°. Lorsqu'on veut étendre d'eau l'acide sulfurique, il faut avoir soin de verser l'acide dans l'eau, goutte à goutte, en remuant avec une baguette de verre. Si l'on versait l'eau dans l'acide concentré, chaque goutte d'eau se vaporiserait en tombant et projetterait l'acide, qui pourrait blesser l'opérateur.

La glace fond au contact de l'acide sulfurique. Mais si la chaleur absorbée par la fusion de la glace est supérieure à la chaleur fournie par l'hydratation de l'acide, on observe un abaissement de température. Pour un mélange de 4 parties de glace et de 1 partie d'acide, la température peut s'abaisser à 16° au-dessous de 0°. Tout au contraire

on obtiendrait une élévation de température d'environ 90° en mélangeant 1 partie de glace et 4 parties d'acide.

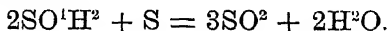
- ch. L'acide sulfurique absorbe la vapeur d'eau. Pour des-  
sécher les gaz, on les fait passer dans des tubes en U ou  
240 dans des éprouvettes à pied renfermant de la pierre ponce  
imbibée d'acide sulfurique. Lorsqu'on veut évaporer  
rapidement une dissolution saline, on la place dans un  
large vase au-dessus d'un autre vase renfermant de l'acide  
sulfurique, sous une cloche dans laquelle on fait le vide.  
245 L'acide sulfurique auquel on ajoute 1 molécule d'eau  
forme un hydrate  $\text{SO}^4\text{H}^2 + \text{H}^2\text{O}$ , solide au-dessous de + 8°. Les cristaux de cet hydrate se déposent facilement pendant les froids de l'hiver dans les flacons ou touries renfermant de l'acide sulfurique commercial qui a absorbé peu à peu  
250 de la vapeur d'eau par suite d'une fermeture imparfaite des vases.

Un grand nombre de métalloïdes décomposent l'acide sulfurique, avec l'aide de la chaleur. Ainsi l'hydrogène et des vapeurs d'acide sulfurique, passant dans un tube  
255 chauffé au rouge, donnent du gaz sulfureux ou même du soufre :



Lorsqu'on chauffe du charbon avec de l'acide sulfurique,  
260 il se dégage un mélange de gaz sulfureux et de gaz carbonique.

Le soufre réduit l'acide sulfurique à une température voisine de l'ébullition :



- 265 L'acide sulfurique carbonise le bois ; il détermine la formation de l'eau aux dépens de l'hydrogène et de l'oxygène de la matière organique et une partie du carbone

est mise en liberté. Il corrode les tissus animaux ; aussi **ch.** la projection d'acide sulfurique sur les mains ou la figure doit-elle être soigneusement évitée. Dans le cas d'un <sup>270</sup> accident de ce genre, un lavage à l'eau ammoniacale très étendue doit être immédiatement pratiqué.

Etendu d'eau, il attaque tous les métaux, à l'exception du plomb, du cuivre, de l'argent, du mercure, de l'or et du platine, avec dégagement d'hydrogène. S'il est concentré <sup>275</sup> et chaud, il attaque le plomb, le cuivre, le mercure et l'argent en dégageant du gaz sulfureux. X

## ZINC ET SES COMPOSÉS.

$$\text{Zn} = 65.$$

**Propriétés physiques et chimiques.**—Le *zinc* est un métal d'un blanc bleuâtre. Sa densité est 7,19 ; sa température de fusion est 410°. Il entre en ébullition vers 1000°. <sup>280</sup>

Il est assez dur ; sa ténacité est faible, ainsi que sa ductilité. Il est plus malléable que le fer.

Dans l'air humide, le zinc se recouvre rapidement d'une couche terne de carbonate de zinc hydraté ; mais l'altération est purement superficielle. <sup>285</sup>

Au rouge, il brûle vivement dans l'air, avec une flamme très éclairante, en produisant de l'oxyde de zinc.

Il décompose l'eau au rouge sombre, et est facilement attaqué, à froid, par les acides forts.

**Production et usages.**—La production totale annuelle <sup>290</sup> du zinc atteint actuellement 580 millions de kilogrammes ; elle est à peu près égale à celle du cuivre.

Le zinc est employé, sous forme de lames minces, à la couverture des maisons, à la construction des gouttières, des baignoires, des seaux, de divers ustensiles de ménage. <sup>295</sup>

ch. En dépôt sur le fer (*fer galvanisé*), il préserve ce métal contre la rouille.

Mais les vases de zinc ou de fer galvanisé ne doivent jamais être employés ni à la préparation, ni à la conservation de matières alimentaires. Ce métal est, en effet, attaqué par le vinaigre, le verjus, le vin, le cidre, la bière, l'eau salée, les corps gras : il se forme alors des composés vénéneux.

On emploie une grande quantité de zinc dans les piles électriques ; beaucoup aussi à la confection d'objets d'art imitant le bronze.

**Alliages.**—Les principaux alliages de zinc sont les *laitons*. Nous avons vu qu'il y a aussi un peu de zinc dans certains *bronzes*. Le *maillechort* renferme une notable proportion de zinc. Il en est de même de divers alliages d'aluminium.

Le zinc, dans les alliages, donne de la dureté aux métaux mous ; mais, en même temps, il les rend cassants.

#### ALLIAGES.

**Combinaison des métaux entre eux.**—Les métaux sont susceptibles de se combiner entre eux ; ces combinaisons, nommées *alliages*, sont importantes.

Les alliages industriels ne sont pas des composés purs ; ce sont généralement des combinaisons définies de deux métaux, en dissolution dans un excès de l'un d'eux, ou même d'un troisième. C'est ce qui donne aux alliages leurs propriétés si variables.

Dans leur fabrication, on ne s'occupe donc pas des lois ordinaires des combinaisons chimiques. Quand aucun métal ne possède les qualités que l'on désire pour une

application déterminée, on unit plusieurs métaux pour en former un alliage, et on ajoute des quantités convenables 326 de l'un ou de l'autre, jusqu'à ce qu'on ait obtenu les propriétés désirées.

Par exemple: l'or pur est très mou, les monnaies<sup>h</sup> faites d'or pur s'useraient trop rapidement. On ajoute un peu 330 de cuivre, et on a un alliage aussi inaltérable que l'or, mais plus résistant.

Pour l'industrie, les alliages sont donc de véritables métaux, artificiellement formés par l'union de plusieurs autres. Ils ont autant d'importance, par leurs applica- 335 tions, que les métaux eux-mêmes.

Le *cuivre*, en première ligne, puis l'*or*, l'*argent*, l'*étain*, le *zinc*, l'*aluminium*, le *plomb*, l'*antimoine*, le *nickel*, le *bismuth*, sont les principaux éléments constitutifs des alliages.

340

**Propriétés des alliages.**—Les propriétés physiques des alliages sont celles de véritables métaux; mais ces propriétés ne sont pas toujours intermédiaires entre celles des éléments constituants.

Ainsi certains alliages sont plus fusibles que le plus 345 fusible des métaux constituants. L'*alliage Darcet*, formé de *plomb*, de *bismuth* et d'*étain*, fond à 94 degrés, tandis que l'*étain*, plus fusible que le *plomb* et que le *bismuth*, fond seulement à 228 degrés.

Le *cuivre*, en s'unissant à un métal mou (*or*, *argent*, 350 *étain*), lui communique une dureté souvent supérieure à la sienne propre. L'*étain*, l'*antimoine*, le *plomb* diminuent souvent la malléabilité et la ductilité des métaux auxquels on les allie.

Au point de vue chimique, chaque métal conserve ordi- 355 nairement dans l'alliage ses propriétés caractéristiques. \

ALCOOL ÉTHYLIQUE,  $C^2H^6O$  ou  $C^2H^5-OH$ .

ch. Toutes les boissons fermentées contiennent de l'alcool que l'on sait depuis longtemps isoler par distillation. Obtenu tout d'abord par la distillation du vin, on l'a  
360 désigné et on le désigne encore quelquefois sous le nom d'*esprit-de-vin*.

**Préparation.**—On extrait l'alcool par distillation des liquides fermentés, le vin notamment; mais depuis que le prix du vin s'est élevé et que les usages industriels de  
365 l'alcool se sont multipliés, on prépare industriellement des quantités considérables d'alcool en faisant fermenter les mélasses, résidus de la préparation du sucre de betterave, et les jus sucrés obtenus en saccharifiant les fécules.

L'industrie livre au commerce des *alcools rectifiés* mar-  
370 quant 90° et 95° à l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac, des *esprits* marquant de 60° à 70°, et des *eaux-de-vie* dont le titre est inférieur à 50°.

L'*alcool absolu* est l'alcool anhydre. Pour le préparer, on fait digérer l'alcool le plus concentré du commerce (alcool  
375 à 95°) avec de la chaux vive dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant; puis, au bout de vingt-quatre heures, on distille au bain-marie, en déplaçant le réfrigérant, de façon à faire couler le liquide condensé dans un ballon refroidi.

380 Mais on n'enlève jamais ainsi les dernières traces d'eau. Pour déshydrater entièrement l'alcool, on fait digérer celui que l'on a obtenu dans l'opération précédente avec de la baryte, puis on distille au bain-marie. La baryte forme avec l'alcool un alcoolate, soluble dans l'alcool, mais que  
385 la moindre trace d'eau décompose en donnant un hydrate

de baryte insoluble dans l'alcool et qui reste dans le vase ch. distillatoire.

**Propriétés physiques.**—L'alcool est un liquide incolore, d'une odeur caractéristique, d'une saveur brûlante; sa densité est 0,809. Il bout à 78° sous la pression normale. 390 Il n'a été solidifié que dans ces dernières années, à la température de — 140° produite par l'évaporation rapide de l'éthylène liquide (Wroblewski et Olzewski); aussi l'alcool peut-il servir à la construction des thermomètres destinés à l'étude des basses températures. 395

L'alcool est, après l'eau, le dissolvant le plus généralement employé. Les gaz sont en général plus solubles dans l'alcool que dans l'eau: en particulier le protoxyde d'azote, l'acide carbonique. Il dissout la potasse, la soude, la plupart des acides minéraux, un grand nombre de chlorures: 400 les chlorures de calcium, de strontium, de zinc, par exemple. Il dissout l'azotate de calcium, l'azotate de magnésium, mais l'azotate de potassium est insoluble. Tous les carbonates et les sulfates sont insolubles dans l'alcool.

Il dissout les acides et les bases organiques, les essences, 405 les corps gras. Parmi les corps simples solubles dans l'alcool, nous citerons l'iode; la solution alcoolique d'iode est employée en pharmacie sous le nom de *teinture d'iode*.

L'alcool se mélange à l'eau en toutes proportions. Le mélange se fait avec dégagement de chaleur et le volume 410 du mélange refroidi est plus petit que la somme des volumes de l'eau et de l'alcool employés: il y a *contraction*. Le maximum de contraction a lieu lorsqu'on mélange 52,3 volumes d'alcool et 47,7 volumes d'eau, ce qui correspond sensiblement à la composition 415



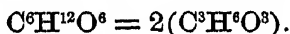
la contraction est de 0,036. ✕



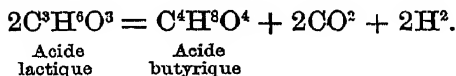
## FERMENTATIONS.

Ch. Fermentations lactique, butyrique, visqueuse. — En semant dans des dissolutions de glucose des mycodermes  
420 différents des précédents et en faisant varier les conditions de l'expérience, on obtient des *fermentations* caractérisées par des produits différents de la transformation des glucoses.

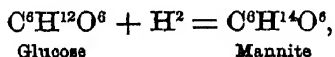
La glucose additionnée de caséine et de carbonate de  
425 calcium se transforme en *lactate de calcium*, sous l'influence du développement d'un ferment formé de globules plus petits que le ferment alcoolique, le *ferment lactique*. La transformation peut être formulée simplement :



430 La glucose peut être transformée en *acide butyrique*, ou mieux encore l'acide lactique précédemment formé peut être transformé en acide butyrique sous l'influence d'un *bacille*, qui vit et se développe dans des milieux privés d'oxygène libre, et pour respirer doit nécessairement dé-  
435 composer des corps oxygénés dont il s'approprie une partie de l'oxygène. Dans cette fermentation butyrique, il se dégage de l'acide carbonique et de l'hydrogène :



Si les milieux précédents deviennent acides, un autre  
440 ferment peut se développer, le *ferment visqueux* ; la glucose est alors transformée en un alcool hexatomique la mannite, c'est-à-dire hydrogéné :



en même temps que le liquide contient une matière gom- **ch.**  
meuse, distincte des gommés proprement dites en ce qu'elle 445  
ne fournit pas d'acide mucique par oxydation.

Les ferments qui déterminent ces diverses réactions sont  
des êtres vivants, des *ferments figurés*.

### PHÉNOL, $C^6H^6O$ ou $C^6H^5-OH$ .

Hydrate de phényle.

**Préparation.**—Les *huiles moyennes* et les *huiles lourdes* 450  
qui résultent de la distillation du goudron de houille  
renferment des phénols, qu'on sépare des hydrocarbures et  
des bases par un traitement à l'acide sulfurique qui  
élimine les bases, puis à la soude caustique qui enlève les  
phénols. 455

Par le refroidissement, ces lessives de soude se prennent  
en un magma cristallin ; on reprend par l'eau bouillante ;  
on décante pour séparer les hydrocarbures entraînés, enfin  
on sature par l'acide sulfurique étendu ou l'acide chlor-  
hydrique. Les phénols à peine solubles dans l'eau se 460  
séparent et se solidifient. On les lave à l'eau à plusieurs  
reprises, on les dessèche sur du chlorure de calcium et  
enfin on les distille.

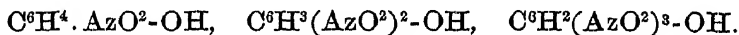
Le produit brut de cette distillation renferme encore des  
hydrocarbures et des phénols homologues supérieurs du 465  
phénol ordinaire. On sépare les divers produits par des  
distillations fractionnées en s'appuyant sur ce que le  
phénol ordinaire bout à  $181^{\circ},5$  et les crésols,  $C^7H^8O$ , à  
 $186^{\circ}$  et  $199^{\circ}$ .

**Propriétés.**—Le phénol est un corps solide incolore ; ses 470  
cristaux fondent à  $35^{\circ}$ . Il bout à  $181^{\circ},5$ . Il est doué  
d'une odeur caractéristique et d'une saveur amère et  
brûlante. Le phénol n'est soluble que dans 20 fois son

ch. poids d'eau et il communique aux liquides son odeur et sa  
475 saveur : il est plus soluble dans l'alcool.

Le phénol brûle avec une flamme fuligineuse. Bien que sa dissolution soit neutre au papier de tournesol, il se comporte comme un acide faible. Il est facilement absorbé par les dissolutions alcalines, avec lesquelles il forme  
480 des combinaisons peu stables, les *phénates* :  $C^6H^5.OK$ ,  $C^6H^5.ONa$ ; l'existence de telles combinaisons avait fait donner tout d'abord au phénol le nom d'*acide phénique*, nom sous lequel on le désigne encore quelquefois dans la pratique. Ces phénates sont peu stables : il suffit pour  
485 les décomposer de faire bouillir leurs dissolutions. Le phénol ne déplace pas l'acide carbonique des carbonates.

**Phénols nitrés.**—**Acide picrique.**—En faisant agir l'acide nitrique sur le phénol et faisant varier la concentration de l'acide et la durée de la réaction, on obtient les *phénols*  
490 *nitrés* :



Le *phénol trinitré* ou *acide picrique* présente un intérêt particulier, en raison de ses applications industrielles.

On l'obtient en faisant bouillir le phénol avec de l'acide  
495 nitrique jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs rutilantes. On concentre et on fait cristalliser. Pour purifier ces cristaux, qui sont imprégnés d'un excès d'acide azotique, on les dissout dans l'ammoniaque; on fait cristalliser le picrate d'ammoniaque par dissolution dans l'eau  
500 bouillante et on décompose le sel purifié par l'acide azotique. L'acide picrique, très peu soluble, se sépare en lamelles cristallines d'un jaune citron.

L'acide picrique ne se dissout que dans 165 fois son poids d'eau; 1 milligramme d'acide picrique suffit pour

communiquer à 1 litre d'eau une coloration jaune sensible. **Ch.**  
La dissolution sert à teindre en jaune la soie et la laine. 506

La saveur de l'acide picrique est amère, et de très petites quantités de cet acide communiquent à l'eau une amertume caractéristique (*amer de Walter*).

Il se combine aux bases pour donner des sels bien 510 définis, jaunes ou orangés. Le *picrate de potassium*  $C^6H^2(AzO^2)^3$ . OK n'est soluble que dans 259 fois son poids d'eau froide : aussi l'acide picrique peut-il servir à reconnaître les sels de potassium.

L'acide picrique, soumis à l'action de la chaleur, fond ; 515 mais, si on le chauffe brusquement, il détone. Ses sels se comportent de même et on utilise cette propriété pour former, soit avec du salpêtre, soit avec le chlorate de potassium, des mélanges détonants dont le maniement est fort dangereux. 520

L'acide picrique prend également naissance lorsqu'on traite par l'acide azotique la soie, l'indigo et un grand nombre de matières résineuses.

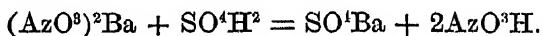
#### LOIS DE BERTHOLLET:

Les réactions qui se produisent entre un sel et une base, un acide ou un autre sel sont le plus souvent fort 525 complexes. Berthollet a formulé des lois résumant ces réactions, et applicables aux cas où un composé insoluble ou volatil peut prendre naissance. Bien que ces lois n'aient pas la généralité que Berthollet leur attribuait, nous les résumerons en un énoncé qui est le suivant : 530

*Un sel est décomposé par un acide, une base ou un sel lorsque, de l'échange des acides et des bases, peut résulter un composé moins soluble ou plus volatil que les corps réagissants dans les circonstances de l'expérience.*

ch. Réactions effectuées par voie humide.—Un sel dissous est  
536 décomposé par un acide, une base ou un sel, s'il peut  
résulter de la réaction un composé moins soluble que les  
corps réagissants.

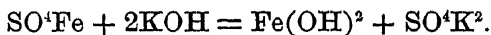
1° Quelques gouttes d'acide sulfurique versées dans une  
540 dissolution d'un sel de baryum déterminent la formation  
d'un précipité blanc de sulfate de baryum insoluble dans  
l'eau et dans tous les acides étendus :



Dans une dissolution de silicate de sodium versons de  
545 l'acide chlorhydrique ; de la silice gélatineuse, insoluble  
dans l'eau, se sépare :



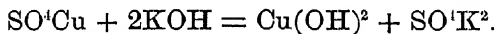
2° Si l'on verse une dissolution de potasse dans un sel  
ferreux, l'hydrate ferreux insoluble dans l'eau se précipite  
550 (*précipité vert*) :



Dans une dissolution de chlorure ferrique  $\text{Fe}^2\text{Cl}^6$ , la  
potasse donne un précipité *brun* de sesquioxide de fer  
hydraté :



Citons encore une dissolution de sulfate de cuivre qui,  
additionnée de potasse, laisse déposer l'oxyde de cuivre  
hydraté *bleu* :



560 D'une manière générale, tous les hydrates des métaux  
proprement dits étant insolubles dans l'eau, l'addition  
d'une base alcaline, potasse, soude ou ammoniacque, à la

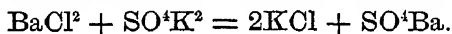
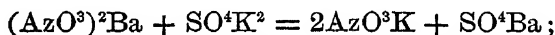
dissolution de leurs sels, déterminera la précipitation de *ch.* l'hydrate,

3° Deux sels solubles, l'azotate d'argent et le chlorure 565 de sodium, réagissent l'un sur l'autre, avec formation d'un précipité blanc caillebotté de chlorure d'argent insoluble dans l'eau :



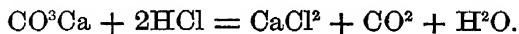
l'azotate de sodium reste dissous dans la liqueur. On 570 se sert de cette réaction pour reconnaître la présence d'un chlorure en dissolution, dans l'eau de la mer par exemple.

De même, par le mélange des dissolutions d'azotate ou de chlorure de baryum et d'un sulfate alcalin, on aura un 575 précipité blanc de sulfate de baryum :



*Réactions effectuées par voie sèche.*—Un sel solide est décomposé par un acide, une base ou un autre sel s'il peut 580 résulter, de l'échange des acides et des bases, un composé plus volatil que les corps réagissants.

1° Si l'on verse de l'acide chlorhydrique sur du carbonate de calcium, du gaz carbonique se dégage et du chlorure de calcium reste dissous dans le liquide (*préparation de l'acide* 585 *carbonique*) :

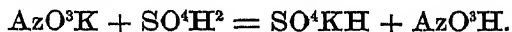


L'acide chlorhydrique décompose un sulfure, le sulfure de fer par exemple, avec dégagement d'hydrogène sulfuré (*préparation de l'hydrogène sulfuré*) :

590



ch. L'acide sulfurique chauffé avec de l'azotate de potassium déplace l'acide azotique (*préparation de l'acide azotique*) ; l'acide sulfurique bout en effet à 338°, l'acide azotique 595 monohydraté à 86° :



2° Si l'on chauffe de la chaux avec du chlorhydrate d'ammoniaque, du gaz ammoniac se dégage (*préparation de l'ammoniaque*) :



# BOTANIQUE.

## LA RACINE.

Etudier la botanique, faire de la botanique, c'est s'occu- Bo.  
per des plantes pour apprendre à les distinguer, à les  
reconnaître ; pour savoir comment elles vivent, se nourris-  
sent, fleurissent, portent des fruits et se reproduisent.

La partie de la plante qui s'enfonce dans la terre s'appelle 5  
racine. Elle puise dans le sol la sève qui est une sorte  
d'eau minérale, c'est-à-dire de l'eau qui a dissous une petite  
quantité des substances de la terre.

En même temps la racine sert de soutien à la plante.

La forme des racines est très variable. Celle du navet, 10  
de la carotte, s'allonge en pointe, en pivot propre à donner  
un support très solide : on les appelle pour cette raison  
racines en pivot ou pivotantes.

Il y a des racines qui sont renflées, charnues, tubéreuses  
comme celle du dahlia : on les appelle des tubercules. 15

Les tubercules sont des réservoirs de provisions, de nour-  
riture, que la plante accumule pour les employer plus tard.  
C'est au moyen de ses tubercules que l'on multiplie  
d'ordinaire le dahlia. Lorsque les tubercules sont peu  
volumineux et très allongés à la manière de doigts crochus, 20  
comme dans l'anémone, on donne à leur ensemble le nom  
de griffe. Il suffit de diviser les griffes au printemps pour  
se procurer de nouvelles touffes.



Bo. La racine du chou a d'abord l'air de continuer la tige,  
25 seulement elle est presque blanche. Elle se ramifie à la  
manière des branches d'un arbre. De la racine principale,  
que l'on peut appeler racine maîtresse ou pivot, partent  
d'autres racines moins grosses qui donnent naissance à des  
30 radicelles ou petites racines minces, terminées par des  
fibrilles très délicates. Cet ensemble de petites racines  
touffues forme une sorte de chevelure, c'est pourquoi on  
lui donne le nom de chevelu. On appelle souche la grosse  
racine des arbres.

Il y a des plantes, comme le melon, la primevère, dont le  
35 pivot n'est que provisoire. Au bout de quelque temps, il  
cède la place à un certain nombre de racines adventives qui  
se sont formées au collet de la plante, c'est-à-dire au point  
de séparation de la racine et de la tige.

Les racines, de grosseur à peu près égale, partant du  
40 collet d'une plante et formant un faisceau plus ou moins  
touffu, sont dites racines fasciculées. Le maïs, le blé, le  
lis, les palmiers ont des racines fasciculées.

Il y a des racines traçantes qui, au lieu de plonger tout  
droit dans le sol, se prolongent, presque à fleur de terre.

45 La tige du chiendent porte de distance en distance des  
racines fines et courtes, qui partent de nœuds ; ce sont des  
racines adventives.

La tige du lierre porte aussi de petites racines grosses et  
courtes qui lui aident à s'attacher, à se cramponner à  
50 l'écorce des arbres, aux murs, aux rochers, ce qui lui a fait  
donner le nom de crampons. Mais si un crampon trouve  
à sa portée de la terre végétale, il s'y enfonce, devient une  
racine adventive et remplit le même office que les racines  
du chiendent.

55 Il y a des plantes sans racines qui vivent aux dépens des  
autres : ce sont des plantes parasites, comme le gui du

chêne, du pommier : la cuscute, qui s'attache au chanvre, **Bo.** au houblon, au trèfle, à la luzerne.

### TISSUS VÉGÉTAUX.

**Tissu cellulaire.**—Le tissu cellulaire est le tissu formé par la réunion des cellules. Certaines plantes sont tellement simples qu'elles sont constituées par une seule cellule : telle est la plante découverte par Saussure dans la neige et qu'il nomma *protococcus* ; cette singulière plante communique à la neige une coloration rouge très intense.

A côté de cette plante si simple, nous trouvons, en examinant au microscope une coupe de certains organes des végétaux, qu'ils sont formés d'une réunion plus ou moins considérable de cellules. La forme de ces dernières n'est pas toujours la même, elle est généralement arrondie dans la chair des fruits et dans les feuilles des plantes grasses. 65

Lorsqu'au contraire on étudie le tissu cellulaire d'autres plantes, on constate que la forme des cellules est différente, elle est hexagonale. Entre les cellules il n'est pas rare d'observer, lorsqu'on examine les feuilles de plantes submergées, des espaces vides que l'on désigne sous le nom de *meats* ou de *lacunes* ; leur présence peut s'expliquer soit par l'arrêt de développement de la membrane des cellules, soit quelquefois aussi par la destruction de certaines d'entre elles. 75

Les cellules peuvent encore prendre quelques autres 80 formes : certaines sont rectangulaires, d'autres étoilées, etc.

La surface des cellules peut être lisse, ou bien présenter des ponctuations, des raies, des lignes en spirale, etc. On peut regarder ces éléments comme de véritables petites fabriques dans lesquelles, sous l'influence des phénomènes 85 de la vie, se forment des substances très diverses. On

Bo. trouve dans les cellules, parmi un grand nombre d'autres produits, de l'*amidon*, de la *fécule*, des *sucres*, des *gommes* ; de petites granulations vertes qui donnent aux feuilles  
90 et aux organes verts leur couleur, la *chlorophylle*, des *cristaux* de divers sels comme ceux du *sel d'oseille* et même des *substances liquides* ou *gazeuses*.

**Tissu fibreux.**—Supposons que la cellule s'allonge de manière à prendre la forme d'un fuseau, nous avons ce que  
95 l'on nomme une *fib*re et à la réunion des fibres on donne le nom de *tissu fibreux*. Ces fibres ne sont donc à proprement parler que de véritables cellules ; aussi certains botanistes refusent-ils de considérer le tissu fibreux comme distinct du tissu cellulaire. Certaines plantes présentent  
100 des fibres faciles à tisser ou *fibres textiles*, tel est le cas du *lin*, du *chanvre*, etc. ; avec ces fibres on tisse des étoffes.

**Tissu vasculaire.**—Le *tissu vasculaire* résulte de la réunion des vaisseaux.

Les vaisseaux se forment par la soudure d'un certain  
105 nombre de cellules bout à bout. Au bout de quelque temps, les cloisons de séparation disparaissent et il reste un tube qui est le vaisseau. Certains vaisseaux sont caractérisés par la présence dans leur intérieur d'un fil en spirale, déroulable ou non déroulable. On donne aux  
110 premiers de ces vaisseaux le nom de *trachées*, aux seconds celui de *fausses trachées*. Les vaisseaux sont droits et on les trouve dans les parties centrales de la plante.

Il en existe d'autres qui ressemblent beaucoup aux veines et aux artères des animaux en ce sens qu'au lieu  
115 d'être droits, ils se jettent les uns dans les autres en formant des courbes irrégulières ; à ces vaisseaux particuliers on donne le nom de *laticifères*, parce qu'ils charrient un liquide spécial, le *latex*. Les *laticifères* se trouvent dans

l'écorce et parmi les plantes chez lesquelles il est aisé d'en **Bo.** montrer la présence, citons *la grande-éclaire*, plante à feuil- 120  
lage vert sombre et à fleurs jaunes, qui croît sur les  
vieux murs. En coupant une branche de cette plante,  
on en fait sortir un liquide orangé qui tache les doigts.  
On est encore peu fixé sur l'origine des laticifères. Nous  
reviendrons plus loin sur le latex. 125

## STRUCTURE DE LA TIGE.

Si nous passons maintenant à l'étude de la structure de  
la tige, il y a lieu de distinguer le cas où nous aurons  
affaire à une plante dicotylédone ou à une plante monocotylédone. Quant aux plantes cryptogames, leur tige a une  
structure analogue à celle des monocotylédones. 130

Si nous faisons une coupe transversale d'une bûche  
appartenant à une dicotylédone, nous serons frappés des  
nombreuses couches concentriques que nous trouverons.  
Mais en comparant des bûches de différents végétaux, on  
voit que telle ou telle couche est plus ou moins développée 135  
chez les uns que chez les autres. Ces couches sont en  
allant de l'extérieur à l'intérieur l'écorce, le bois, la moelle  
entourée de l'étui médullaire. Chaque couche est sub-  
divisée à son tour, et sans entrer dans de grands développe-  
ments à ce sujet, nous dirons tout d'abord que l'écorce 140  
comprend quatre couches, savoir : l'épiderme ou peau, la  
couche subéreuse ou du liège très développée dans le chêne-  
liège, l'enveloppe herbacée et le liber qui est formé de  
couches de fibres appliquées les unes sur les autres comme  
les feuillets d'un livre. 145

Le bois comprend deux couches, l'une extérieure quelque-  
fois plus pâle l'aubier, l'autre interne plus foncée le cœur  
ou *duramen*.

Bo. Vient ensuite l'étui médullaire dans les parois duquel on  
150 trouve des trachées et des fausses trachées et enfin la  
moelle composée essentiellement de cellules et qui, dans  
le *sureau*, prend un énorme développement.

Ajoutons qu'entre l'écorce et le bois se trouve une zone  
spéciale dite zone génératrice ou cambium par laquelle  
155 l'accroissement en largeur se fait chaque année, et que la  
moelle est mise en rapport avec l'écorce par les rayons  
médullaires si faciles à voir sur une bûche nettement sciée.

Les monocotylédones sont loin de présenter une com-  
plication aussi considérable de la tige; ils comprennent  
160 une portion extérieure, véritable écorce cellulaire. La  
partie centrale est formée de cellules au milieu desquelles  
nous trouvons des faisceaux de fibres et de vaisseaux (fais-  
ceaux fibro-vasculaires). On ne retrouve donc plus ni  
étui ni moelle ni rayons médullaires; aussi lorsque ces  
165 bois sont morts, la masse centrale disparaît-elle; d'où  
leur grande légèreté qui permet leur utilisation pour la  
fabrication des cannes et des manches de parapluies.

## FEUILLES.

De la feuille.—On donne le nom de feuille aux organes  
généralement verts qui se développent sur les branches.

170 Une feuille se compose de trois parties: 1° la queue de  
la feuille ou pétiole; 2° la gaine, partie qui rattache le  
pétiole à la branche; 3° le limbe, partie étalée, verte et qui  
est la plus considérable de l'organe. Quelques feuilles se  
composent seulement du limbe qui s'attache directement à  
175 la branche; la feuille est alors dite *sessile*; presque toutes  
les plantes grasses sont dans ce cas.

On trouve chez certains végétaux, à la base du pétiole, un  
organe spécial nommé stipule; les deux petits organes verts

qui se trouvent à la base du pétiole de la feuille du rosier **Bo.** sont des stipules, simple développement de la gaine pour 180 quelques botanistes.

Le pétiole se continue à la surface du limbe pour former la *nervure primaire* ou *médiane* de laquelle partent des *nervures secondaires*, de ces dernières partent les *nervures tertiaires* et ainsi de suite, de sorte que les nervures con- 185 stituent une véritable dentelle très délicate entre les mailles de laquelle il y a des cellules : en faisant macérer un certain temps des feuilles dans l'eau, les cellules se détruisent et les nervures seules subsistent.

**Structure et forme de la feuille.**—Le limbe, seule partie 190 importante de la feuille, est formé dans son épaisseur de trois couches : l'*épiderme supérieur* en dessus, l'*épiderme inférieur* en dessous, une *couche cellulaire* plus ou moins épaisse entre les deux épidermes.

Lorsqu'on examine l'épiderme, on y voit de petits 195 organes constitués par la rencontre de deux cellules qui circonscrivent une petite ouverture ou bouche ; ce sont les **stomates** ; l'ouverture se ferme ou s'entr'ouvre suivant les circonstances sous l'influence de l'humidité ou de la sécheresse. 200

Ces curieux organes sont plus nombreux sur l'épiderme inférieur. Il n'y a d'exception que pour les feuilles aquatiques chez lesquelles l'épiderme supérieur en contient un grand nombre. Pour observer les stomates, il faut un bon microscope et prendre de préférence les plantes à bulbes 205 dont les stomates sont très gros.

Au point de vue de leur forme, les feuilles se divisent en deux espèces principales : la **feuille simple** et la **feuille composée**. La première, dont le *lilas* peut nous donner une idée, a pour caractère d'être formée d'un limbe auquel 210

Bo. correspond un pétiole. Si, au contraire, nous examinons la feuille du *maronnier*, nous voyons qu'au pétiole unique correspondent plusieurs limbes : c'est une feuille composée.

Nous n'en dirons pas davantage sur cette question de la  
 215 forme des feuilles ; sachons seulement que les botanistes distinguent par un nom spécial les très nombreuses variétés de feuilles composées qui existent.

### FÉCONDATION.

Il nous reste à dire quelques mots des modifications amenées par la fécondation. Elles portent d'une part  
 220 sur l'ovaire, d'autre part sur l'ovule.

1° L'ovaire s'accroît et devient *péricarpe*. Sa paroi s'épaissit souvent et devient succulente, ou bien durcit, tout en restant mince et plus ou moins sèche.

2° L'ovule se transforme et finalement devient graine.  
 225 Péricarpe et graine réunis forment ce qu'on appelle le *fruit*.

Les transformations de l'ovule pour arriver à l'état de *graine*, sont les suivantes :

Avant que le tube pollinique parvînt à la surface du nucelle, le tissu qui formait cet organe avait subi une pro-  
 230 fonde modification. Une de ses cellules, prenant un développement considérable, l'avait bientôt emporté sur toutes les autres. Celles-ci avaient disparu, et il n'était finalement resté que cette grande cellule, appelée *sac embryonnaire*. Quand le tube pollinique se présente, le nucelle consiste  
 235 donc en un sac recouvert de ses deux enveloppes, la primine et la secundine. Dans ce sac, on voit au fond, dans la partie opposée au micropyle, deux ou trois petits amas protoplasmiques, appelés *vésicules antipodes*, et, d'un autre côté, tout près du micropyle deux autres petits amas appelés  
 240 *vésicules embryonnaires*.

L'influence du tube pollinique se manifeste par la dis- Bo.  
parition des vésicules antipodes et par l'apparition d'une  
membrane à la surface des vésicules embryonnaires qui  
deviennent dès lors des *cellules embryonnaires*. Toutefois  
cette action ne porte en général que sur une seule des 245  
vésicules embryonnaires. Celle-ci se divise en deux cellules  
superposées. La supérieure s'accroît, se divise elle-même  
en plusieurs cellules et donne ainsi naissance à un petit  
filament qu'on désigne sous le nom de *filament suspenseur*.  
La cellule inférieure, pendant ce temps, ne reste pas 250  
inactive; elle s'accroît aussi, se divise, et bientôt, par son  
développement, devient l'*embryon* ou jeune plante.

Pendant que ces phénomènes se produisent, la cavité du  
nucelle se partage en nombreuses cellules, remplies de  
matières nutritives et qui forment un tissu dans lequel est 255  
plongé le jeune embryon. Ce tissu est l'*albumen*; il va  
servir d'aliment à l'embryon.

En même temps aussi, les deux enveloppes de l'ovule se  
sont accrues et développées; la primine, épaissie, relevée de  
pointes, de saillies et d'ornements divers, parfois très dure, 260  
prend le nom de *testa*, tandis que la secondine, générale-  
ment mince et délicate, est appelée *tegmen*. Cette dernière  
recouvre directement le sac embryonnaire.

La *graine*, c'est-à-dire l'ovule développé, se trouve donc  
formée, à la suite de la fécondation, de deux enveloppes 265  
protégeant le sac embryonnaire, qui lui-même renferme  
l'embryon, très généralement accompagné d'un albumen.

## LA FLEUR.

Etude particulière des diverses parties de la fleur.—  
Prenons une à une les diverses parties de la fleur en en  
faisant l'examen un peu détaillé.

270



**Bo.** 1° **Pédoncule.**—Nous n'insisterons guère sur cet organe qui correspond au pétiole de la feuille; il est d'une utilité très faible et un certain nombre de fleurs n'en possèdent pas: on dit alors de ces fleurs qu'elles sont sessiles; telle 275 est la fleur du *plantain*.

2° **Calice.**—Les **sépales**, dont l'ensemble constitue le calice, ont généralement la forme et la couleur des feuilles, et en effet un examen superficiel fait voir que le sépale n'est qu'une feuille légèrement modifiée. Les sépales peuvent 280 être indépendants les uns des autres ou bien soudés ensemble. Dans le premier cas, le calice est dit **polysépale**, ex.: la *giroflée*; dans le second il est dit **monosépale** ou **gamosépale**, ex.: la *rose*.

Il est bon d'ajouter que quelquefois les sépales sont 285 colorés, ainsi qu'on peut l'observer dans la fleur du *grenadier*, du *fuchsia*, etc.

Lorsque les sépales sont sensiblement égaux entre eux, le calice est dit **régulier**; si, au contraire, certaines pièces sont plus longues les unes que les autres, il est dit **irrégulier**: la *giroflée* est un exemple de calice régulier, la 290 *capucine* de calice irrégulier.

3° **Corolle.**—C'est la partie élégante de la fleur, celle que les amateurs recherchent pour la variété de ses couleurs; au point de vue physiologique, la corolle est tout à fait 295 accessoire. Chaque partie de la corolle ou **pétale** est, comme chaque sépale, une feuille modifiée qui a perdu sa couleur verte pour prendre une teinte spéciale.

Un pétale est constitué par une partie allongée nommée **onglet**, qui est terminée par une portion étalée nommée 300 **limbe**. Dans l'œillet, l'onglet est facile à voir lorsqu'on arrache un pétale, c'est le limbe qu'on saisit entre les doigts, et la partie mince et effilée qui s'y rattache est l'onglet.

Comme les sépales, les pétales peuvent être indépendants **Bo.** les uns des autres : tels sont ceux de la *rose*, et dans ce cas, la corolle est dite **polypétale**. Si, au contraire, les pétales 305 sont soudés les uns aux autres de manière à n'en former qu'un comme dans la *gueule de loup*, la corolle est dite **monopétale** ou **gamopétale**.

Si les pétales sont sensiblement égaux entre eux, la corolle est **régulière** ; si au contraire il y a des différences 310 dans la grandeur de ces pièces, elle est dite **irrégulière**.

D'après ces derniers caractères, on a divisé les corolles en quatre groupes dont nous allons donner les principales variétés.

#### EMPLOI DES RÉSERVES NUTRITIVES.

**Digestion.**—Les phénomènes digestifs s'accomplissent 315 chez les végétaux, en ce qui concerne les transformations chimiques, de la même manière que chez les animaux.

Ainsi, lorsque l'on considère une plante qui passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, on constate d'abord que les tissus reprennent l'eau de végétation, par 320 suite le protoplasme reprend ses propriétés initiales et le suc cellulaire devient abondant ; il renferme en dissolution, à ce moment, un certain nombre de substances protéiques formant ce que l'on appelle les *ferments solubles*, et destinées à digérer les réserves. C'est ainsi que l'on peut 325 isoler la *pepsine*, ferment digestif des matières albuminoïdes, dont l'énergie est parfois, dans certaines plantes, supérieure à celle du suc gastrique des animaux ; la *diastase* ou ferment glucosique, qui dédouble les hydrates de carbone ; le ferment *invertif*, qui intervertit les 330 saccharoses ; le ferment *émulsif* qui émulsionne et dédouble des graisses, etc.

Bo. Aussi, à ce moment du réveil de la végétation, la composition chimique des tissus devient-elle très complexe, car on trouve dans les cellules des organes de réserve :  
335 les matériaux non digérés, les ferments digestifs et les produits variés de la digestion.

Nous ne pouvons pas examiner en détail les modifications nombreuses qu'on observe dans les divers tissus au moment de la période digestive ; nous nous bornerons  
340 à citer quelques exemples particuliers pour faire comprendre la marche générale du phénomène.

**Digestion des réserves amylacées.—Germination de l'Orge.**—Les grains d'orge renferment, à la maturité, des  
345 réserves complexes où domine l'amidon. Si l'on place ces grains dans un milieu humide, aéré et chaud, favorable au développement de la vie, on constate, au bout de quelques jours, dans les cellules du cotylédon qui sont voisines de l'albumen de la graine, l'apparition de la *diastase*.  
350 Cette diastase est insoluble dans l'alcool et peut être isolée, au moyen de ce réactif, des autres principes immédiats de la graine.

Dès qu'elle est constituée, la diastase, en vertu de sa solubilité, pénètre dans les cellules contenant l'amidon et  
355 exerce une action comparable à celle des acides étendus, c'est-à-dire que l'amidon se transforme en glucose  $C^{12}H^{12}O^{12}$ . La transformation n'est pas immédiate : l'amidon, par une série de dédoublements et d'hydratations, donne d'abord un mélange de maltose ( $C^{12}H^{11}O^{11}$ )  
360 et de diverses dextrines ( $C^{12}H^{10}O^{10}$ ) ; les dextrines se transforment ensuite en maltose, et cette dernière substance, par une hydratation définitive, donne du glucose qui constitue la forme assimilable de l'amidon. L'activité de la diastase, faible à de basses températures, augmente

à mesure que celle-ci s'élève jusqu'à la température de 80°, **Bo.**  
où son action est supprimée. 366

Dans l'industrie, on utilise le développement de la diastase dans les grains d'orge pour fabriquer le *malt* ou orge germée. On fait éprouver un commencement de germination à l'orge pour développer la diastase, puis on chauffe 370 le malt dans l'eau à 60° pour transformer l'amidon de l'orge en glucose ; le liquide ainsi obtenu constitue le moût de bière.

On pourrait constater les mêmes phénomènes en étudiant le développement d'un plant de pomme de terre aux dépens 375 d'un tubercule, ou le développement d'un bulbe de crocus, de glaïeul qui utilisent aussi, après l'avoir digéré, l'amidon en réserve.

**Digestion du saccharose. Betterave, Canne à sucre, Oignons.**—Comme on le sait, c'est dans la racine prin- 380 cipale de la betterave que s'accumule, pendant la première saison, la saccharose destinée à servir, l'année suivante, au développement des fleurs et des fruits. Au printemps, à la reprise de la végétation, le ferment inversif apparaît dans les cellules du parenchyme et transforme peu à peu 385 le saccharose en glucose. Aussi, quand on détermine la quantité de sucre ordinaire contenu dans une betterave, voit-on cette substance diminuer peu à peu dans la racine, et la formation d'une forte proportion de glucose coïncider avec l'apparition du ferment inversif. 390

## CONSTITUTION DE LA GRAINE MÛRE.

Examinons la constitution de la graine telle qu'on l'observe au moment où elle se détache naturellement de la plante.

Bo. On y distingue le *tégument*, formé aux dépens de la pri-  
395 mine, et l'*amande*, formée aux dépens du nucelle.

L'amande renferme toujours une plantule ou embryon en état de vie ralentie. Cette plantule constitue à elle seule l'amande dans les graines des légumineuses, des rosacées, du chêne, des orchidées, etc., car elle a digéré  
400 complètement l'albumen qui s'était formé dans le sac embryonnaire avant de passer en état de vie ralentie; la graine est alors dépourvue d'albumen.

Dans d'autres graines aussi très nombreuses, telles que celles des céréales, de la tulipe, du ricin, etc., l'amande  
405 contient en outre un tissu spécial, l'albumen, dont les cellules sont remplies de réserves nutritives; cet albumen, formé dans le sac embryonnaire, n'a pas été entièrement digéré par l'embryon avant le passage de celui-ci à l'état de vie ralentie.

410 Enfin, dans quelques graines, celles du nénuphar, du poivre, par exemple, l'amande contient, outre l'embryon et l'albumen, une nouvelle réserve nutritive, le *périsperme*, formé aux dépens du nucelle qui, au lieu d'être résorbé comme dans la plupart des graines, a pris un grand  
415 développement, et dont les cellules sont gorgées de matériaux nutritifs.

En somme, on distingue dans l'amande : l'*embryon*, qui ne fait jamais défaut, et des réserves nutritives différentes par leur origine : l'*albumen* et le *périsperme*, qui peuvent  
420 exister ensemble ou séparément.

Embryon.—L'embryon est constitué d'abord par une petite pointe conique toujours apparente à l'extérieur : c'est la *radicule*; cette pointe se continue par une région cylindrique plus ou moins longue formant la *tigelle*. Chez  
425 les dicotylédones, la tigelle porte deux lames minces ou

épaisses appliquées l'une contre l'autre de manière à cacher **Bo.** le point végétatif de la tigelle : ce sont les *cotylédons*. Le point végétatif de la tigelle est rarement nu : le plus souvent il porte des feuilles à divers états de développement et constitue la gemmule, comme on le voit dans le 430 haricot, le chêne, l'amandier. Chez les monocotylédones, la tigelle ne porte qu'un cotylédon, qui enveloppe souvent, comme d'un capuchon, le point végétatif ; on ne peut reconnaître la place de ce dernier que par une petite fente placée sur le côté et à travers laquelle la gemmule doit 435 sortir pour épanouir ses feuilles.

L'embryon est plus ou moins développé. Quand la graine est pourvue d'un albumen, l'embryon est petit et les cotylédons sont très minces, comme dans le ricin, le blé ; lorsque l'albumen fait défaut, l'embryon occupe 440 toute l'amande et devient alors très volumineux, comme dans la fève, le chêne, l'amandier. Ce sont surtout les cotylédons qui acquièrent dans ce cas un grand développement : ils s'épaississent beaucoup et leur parenchyme est rempli de réserves nutritives. Ordinairement incolores, 445 les cellules du parenchyme des cotylédons peuvent renfermer de la chlorophylle qui s'est développée à l'obscurité, comme on le voit dans l'érable, le géranium.

## CRYPTOGAMES.

**Des différents modes de reproduction chez les Cryptogames.** — Les *cryptogames* sont des plantes dépourvues 450 d'embryon, de cotylédons et de fleurs, à structure généralement simple, présentant les formes les plus variées, depuis la cellule isolée constituant un individu complet, jusqu'à la fougère arborescente des pays chauds ayant l'aspect d'un arbre.

Bo. Les cryptogames les plus inférieurs, parmi les algues et les champignons, se reproduisent au moyen de corpuscules toujours très fins, souvent microscopiques, appelés *spores* (de σπορά, graine). Les spores se montrent généralement groupées dans des poches spéciales (les *sporangies*), qui s'ouvrent à un moment donné pour les laisser échapper. Les spores, formées d'une cellule avec une double enveloppe résistante, naissent spontanément ; c'est un élément simple de la plante qui se détache, tombe sur le sol ou dans l'eau, et la reproduit. Les spores sont donc le fait d'une génération par un représentant unique.

Les cryptogames plus élevés, certaines algues, les fougères, les prêles, les mousses, se reproduisent à la fois par des spores et par un œuf, ou *cellule-œuf*, pour la formation duquel deux éléments sont nécessaires : 1° les *anthérozoïdes*, comparables aux grains de pollen des phanérogames, mais munis de cils vibratiles, doués de mouvements dans un milieu humide, et primitivement enfermés, en nombre variable, dans de petits sacs nommés *anthéridies*, semblables aux sacs polliniques ; 2° l'*oosphère*, grosse cellule située au fond d'un petit cul-de sac, l'*archégone*, et qui devient l'œuf après le contact d'un ou de plusieurs anthérozoïdes. Ce mode de fécondation est analogue à celui des phanérogames, où le tube pollinique, émané du grain de pollen et le prolongeant, s'enfonce dans le stigmate et le style pour atteindre l'ovule caché dans l'ovaire, le pénétrer et arriver ainsi jusqu'au sac embryonnaire.

Là, le noyau mâle ou générateur sort du tube et, jouant le même rôle que l'anthérozoïde, va se fusionner avec l'oosphère pour former l'œuf.

La différence la plus remarquable entre l'anthérozoïde et le noyau générateur du tube pollinique est que celui-ci n'est pas libre avant son arrivée sur l'oosphère, et que sa mem-

brane d'enveloppe est lisse et non munie de cils vibratiles **Bo.**  
propres à la locomotion. 490

Le noyau générateur du tube pollinique de certains gymnospermes (les cycas), comme nous l'avons vu, devient libre avant de pénétrer le sac embryonnaire de l'ovule, et est garni de cils vibratiles. C'est donc là un mode de reproduction intermédiaire entre celui des plantes phanéro- 495 games et celui des cryptogames vasculaires, et ayant, par cela même, une très grande importance.

Les cryptogames, ainsi que certains animaux inférieurs précédemment étudiés, offrent de nombreux exemples de *génération alternante*. Tantôt, comme chez les fougères, la 500 plante principale donne naissance à des spores ; de celles-ci naissent, non des fougères, mais une sorte de petite feuille verte échancrée en forme de haricot, appelée *prothalle* et retenue au sol par des poils radiculaires. Sur sa face inférieure, toujours très humide, se passent les phénomènes pré- 505 cédemment décrits pour la formation de l'œuf, d'où naîtra sur place une fougère. Tantôt, comme chez les mousses, l'œuf se produit sur la plante principale, et il en naît un *sporogone*, d'où se détachent des spores qui donnent naissance à des mousses. 510



# ZOOLOGIE.

## GÉNÉRALITÉS.

20. **Définition de la Zoologie.**—La Zoologie est la branche de l'histoire des êtres vivants qui a pour objet l'étude des animaux.

**Définition des êtres vivants.**—Les *êtres vivants* se distinguent des *êtres inanimés* parce qu'ils *naissent* toujours de parents vivants comme eux, *se transforment* spontanément et *meurent* au bout d'un certain temps. Pendant tout le temps qui sépare leur *naissance* de leur *mort*, ils se *nourrissent*, c'est-à-dire qu'ils absorbent des substances inanimées, destinées à accroître leur corps ou à réparer son  
10 usure. Après leur mort ils cessent de se nourrir et leur corps *se décompose* en substances inanimées.

**Différences entre les animaux et les végétaux.**—A ces facultés, communes à tous les êtres vivants, les animaux  
15 ajoutent celles de *se mouvoir* quand ils le *veulent*, et d'*éprouver des sensations*; ils sont doués de *motilité*, de *volonté* et de *sensibilité*.

En général, les *végétaux* demeurent, au contraire, immobiles à la surface du sol sur lequel ils ont poussé. Cette  
20 immobilité se retrouve dans presque toutes leurs parties intérieures, et rien n'autorise à penser qu'ils éprouvent des sensations quelconques. Incapables de se déplacer, ils ne peuvent aller à la recherche de leurs aliments; il faut que

ces aliments viennent à eux ; leurs feuilles les tirent de l'air, **Zo.**  
à l'état gazeux ; leurs racines les puisent dans la terre, et **25**  
les absorbent dissous dans l'eau qui imprègne le sol.  
*Les végétaux ne prennent donc que des aliments liquides ou gazeux.*

Les *animaux*, doués de la faculté de se mouvoir, peuvent, en général, explorer la région qu'ils habitent ; ils vont, **30**  
pour ainsi dire, au-devant de leur nourriture, à la recherche de laquelle ils sont sans cesse occupés. Comme les végétaux, ils introduisent directement dans leur corps des gaz ou des liquides ; mais, en outre, *les animaux font aussi*  
*une consommation, le plus souvent considérable, d'aliments* **35**  
*solides* ; ils mangent d'autres animaux ou des plantes, qu'ils introduisent dans une cavité spéciale de leur corps, la *cavité digestive*. Les aliments sont digérés et dissous dans cette cavité avant d'être absorbés. *Les végétaux ne possèdent rien qu'on puisse comparer à une cavité digestive.* **40**

**Règne animal et règne végétal.**—Ces différences entre les animaux et les végétaux sont très frappantes quand on ne considère que les animaux les plus connus et les plantes vulgaires, le chêne et le chien par exemple. Aussi a-t-on réparti tous les êtres vivants en deux grands règnes : **45**  
le *règne végétal* et le *règne animal*.

**Liens entre les deux règnes.**—Cependant les deux règnes ne sont pas aussi complètement séparés qu'on pourrait le croire au premier abord : les feuilles de beaucoup de plantes se replient la nuit ; il en est, celles de la **50**  
*sensitive* par exemple, qui s'abaissent au moindre attouchement comme si elles étaient sensibles ; d'autres peuvent saisir et digérer des insectes. Les fougères, les mousses, beaucoup d'algues et de champignons, ont des éléments reproducteurs microscopiques, qui nagent dans l'eau avec **55**

- zo. autant d'agilité que les animaux de même taille, avec lesquels on les a plus d'une fois confondus. Les plus petits êtres vivants arrivent même à se ressembler au point que l'on ne peut dire si ce sont des animaux ou des plantes.
- 60 Les deux règnes semblent donc passer de l'un à l'autre par des transitions insensibles.

### PRINCIPALES DIVISIONS DU RÈGNE ANIMAL.

Les trois types de structure du règne animal.—Tous les animaux sont construits sur l'un des trois types de structure que nous venons de définir. Il y a donc trois  
65 types d'animaux : les **Artiozoaires**, les **Phytozoaires**, les **Protozoaires**.

**Autres caractères communs aux animaux bilatéraux.**—Aux caractères tirés de la disposition des parties du corps et qui, par cela même, s'aperçoivent au premier coup d'œil,  
70 viennent s'ajouter d'autres caractères qui accusent encore la séparation entre les trois types.

Presque tous les animaux à symétrie bilatérale rampent, marchent, nagent ou volent, *se déplacent*, en un mot. En se déplaçant *ils portent toujours en avant la même extrémité*  
75 *de leur corps*. Cette extrémité toujours portée en avant est dite *antérieure*. L'*extrémité antérieure* est occupée par la *tête*, sur laquelle se trouvent, comme chez l'homme, la bouche et les organes des sens. L'*extrémité opposée* ou *extrémité postérieure* est souvent terminée par un prolon-  
80 gement du corps, qu'on appelle la *queue*.

Ces animaux tournent toujours vers le sol la même *face* de leur corps ; cette face, ordinairement moins colorée que l'autre, est leur *face ventrale* ; elle porte toujours la *bouche*. La face opposée est la *face dorsale*. L'attitude

du corps étant ainsi nettement déterminée, l'une de ses Zo. moitiés est *gauche*, l'autre *droite*, sans interversion possible. 86

Le plus souvent le corps est divisé en *segments* plus ou moins semblables entre eux et dont nos vertèbres et nos côtes ne sont qu'une indication.

Presque toujours, le tube digestif est placé entre les 90 parties les plus importantes de l'appareil circulatoire (*cœur* ou *vaisseau dorsal contractile*) et du système nerveux (*moelle épinière* ou *chaîne nerveuse ventrale*); il est séparé de la paroi du corps par une cavité qui contient la plupart des organes et qu'on nomme la *cavité générale*. Cette 95 cavité est remplie d'un liquide qui protège les organes, contribue à les nourrir, et les maintenir à l'abri de la dessiccation; c'est pourquoi *tous les animaux terrestres appartiennent au type des artiozoaires*.

**Autres caractères communs aux Phytozoaires.**—Les 100 animaux du second type reproduisent non seulement les formes des végétaux, mais un grand nombre d'entre eux vivent *fixés au sol*, comme ces organismes. La plupart des autres ne se meuvent qu'avec lenteur, et leur déplacement s'accomplit, en général, sans que leur corps soit assujetti à 105 présenter une orientation déterminée. Il suit de là que *les phytozoaires n'ont pour la plupart ni extrémité antérieure ni extrémité postérieure, ni tête, ni queue, ni côté droit, ni côté gauche*.

Chez le plus grand nombre, la cavité digestive est limitée 110 par les parois mêmes du corps; il n'y a donc plus de cavité générale. L'eau pénétrant librement dans l'unique cavité du corps, *tous les phytozoaires sont aquatiques et presque tous marins*.

**Autres caractères des Protozoaires.**—Les protozoaires 115 n'ont même plus de cavité digestive et englobent dans

20. leur propre substance les aliments qu'ils veulent s'assimiler. Tous sont aquatiques; beaucoup vivent en parasites à l'intérieur du corps d'autres êtres vivants.

### LA DIGESTION.

- 120 Les aliments.—Tous nos aliments, si variés qu'ils paraissent, ne sont cependant que le résultat du mélange de trois sortes de substances :

1° Les *substances féculentes*, telles que l'amidon, les sucres, les gommes ;

- 125 2° Les *substances grasses*, telles que les huiles, le beurre, le suif, la cire ;

3° Les *substances albuminoïdes*, telles que le blanc d'œuf, le fromage, la fibrine ou substance coagulable du sang, la chair.

- 130 Les substances appartenant à chacune de ces catégories sont digérées de la même façon, dans la même région de l'appareil digestif.

Composition de l'appareil digestif.—L'appareil digestif comprend :

- 135 1° Un ensemble de cavités qui forment le *tube digestif* ;  
2° Des glandes qui produisent et déversent dans ces cavités les sucs digestifs.

- Les cavités sont : la *bouche*, dans laquelle les aliments sont *mâchés* ; l'*œsophage*, qui conduit les aliments de la  
140 bouche dans l'*estomac*, sorte de sac où les aliments séjournent un certain temps ; enfin l'*intestin*.

Les glandes sont :

- 1° Les trois paires de *glandes salivaires*, dont le suc, la *salive*, se répand dans la bouche ;  
145 2° Les *glandes à pepsine* et les *glandes muqueuses sto-*

*macales*, qui concourent les unes et les autres à former le *Zo. suc gastrique*, contenu dans l'estomac ;

3° Le *pancréas*, dont le suc, appelé *suc pancréatique*, est déversé au commencement de l'intestin ;

4° Le *foie*, qui produit la *bile* ; 150

5° Les *glandes de Lieberkühn*, placées dans l'épaisseur de l'intestin et qui produisent le *suc intestinal*.

Dans la bouche, les aliments subissent deux actions :

1° Ils sont broyés par les *dents* ;

2° Ils sont mélangés à la *salive* et subissent, de sa part, 155 un commencement de digestion.

**Les dents.**—Les *dents* sont des pièces solides plus dures que les os, enfoncées dans les mâchoires. A chaque dent correspond dans la mâchoire un trou particulier qu'on nomme l'*alvéole*. La partie de la dent enfoncée dans 160 l'alvéole est la *racine* ; la partie saillante, la *couronne*. La dent est presque entièrement formée par une substance solide contenant des sels de chaux et de la matière organique ; c'est l'*ivoire*. Sur la couronne, l'ivoire est revêtu par un vernis brillant, très résistant, qu'on nomme l'*émail* ; 165 sur la racine, une mince couche d'os, le *cément*, remplace l'émail.

Les dents ont des formes variées, suivant les usages auxquels elles doivent servir. Sur le devant de la bouche sont placées quatre *incisives*, en forme de palettes, propres à 170 saisir et à couper. Après elles, de chaque côté, vient une *canine*, pointue, propre surtout à déchirer la chair et qui se transforme en véritable *croc* chez les animaux carnivores, tels que le chat et le chien. Après les canines, on compte, à droite et à gauche, cinq *molaires*, à couronne large et 175 aplatie, qui sont les véritables outils à broyer les aliments. Cela fait en tout *trente-deux dents*

20. Les dents poussent successivement, et il ne s'en forme d'abord que *vingt* chez l'enfant. Ces vingt dents tombent  
180 vers l'âge de sept ans ; on les nomme *dents de lait*. Après qu'elles ont été remplacées, il s'ajoute à droite et à gauche, en arrière des *petites molaires* de chaque mâchoire, trois *grosses molaires*, qui complètent le nombre trente-deux. La dernière molaire n'apparaît que de vingt à vingt-cinq ans ;  
185 c'est la *dent de sagesse*. La forme des molaires varie chez les mammifères avec leur régime.

#### DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE.

Le sang doit venir puiser des matières alimentaires dans l'intestin, de l'oxygène dans les poumons, et transporter ces substances vivifiantes dans toutes les parties du corps ; il  
190 doit, en outre, venir s'épurer dans le foie, les reins, la peau. Pour cela il chemine sans cesse dans un système de canaux complètement clos qu'on appelle *vaisseaux*. Au sein des vaisseaux, le sang est mis en mouvement par un organe particulier, le *cœur*, situé dans la poitrine, entre les deux  
195 poumons.

Chez l'homme, les mammifères et les oiseaux, les vaisseaux qui conduisent le sang aux poumons et ceux qui l'en ramènent, forment un ensemble tout à fait indépendant de ceux qui se ramifient dans les diverses parties du corps.  
200 Aussi distingue-t-on une *petite circulation* ou *circulation pulmonaire* et une *grande circulation* ou *circulation générale*. Les vaisseaux des deux circulations aboutissent les uns et les autres au cœur.

On nomme *veines* les vaisseaux par lesquels le sang revient  
205 au cœur ; *artères*, ceux dans lesquels il coule loin du cœur.

**Le cœur.**—Le cœur a environ la grosseur du poing et la forme d'un cône dont la pointe serait dirigée en bas, en avant et à gauche. Ses parois sont musculaires ; il est creusé de quatre cavités : deux *oreillettes* et deux *ventricules*. 210

Les oreillettes ne communiquent pas entre elles, et les ventricules pas davantage. L'oreillette et le ventricule d'un même côté communiquent, au contraire, par un large orifice que peuvent fermer des replis membraneux, constituant les *valvules*. Ces replis, en s'adossant les uns aux autres, lorsque les ventricules se contractent, empêchent le sang de repasser dans les oreillettes, et l'obligent ainsi à s'engager dans les artères.

**Les vaisseaux.**—L'oreillette droite reçoit les deux *veines caves*, qui y déversent le sang provenant de toutes les régions du corps. Ce sang est le *sang veineux*, il est de couleur *rouge brun* ; il tombe dans le ventricule droit, d'où il est chassé vers les poumons au travers de l'*artère pulmonaire*. 225

L'artère pulmonaire, d'abord unique, se divise bientôt en deux branches, qui se rendent chacune à l'un des poumons et se ramifient à l'infini à l'intérieur de ces organes. Des ramifications les plus fines des artères pulmonaires, le sang passe, par l'intermédiaire de vaisseaux extrêmement délicats, les *capillaires pulmonaires* rampant à la surface des lobules, dans les ramifications les plus fines des *veines pulmonaires* ; celles-ci se réunissent de proche en proche, et forment finalement, pour chaque poumon, deux veines qui se rendent isolément à l'oreillette gauche, où aboutissent, 235 en conséquence, quatre vaisseaux.

En sortant des poumons, le sang est devenu *rouge vermeil* ; c'est du *sang artériel*, il se rassemble dans l'oreil-



20. l'artère gauche, passe de là dans le ventricule gauche, qui le  
240 chasse à son tour dans une grosse artère, l'aorte.

L'aorte, née du cœur, remonte jusqu'à la base du cou, puis se recourbe vers la gauche en formant une sorte de *crosse*. Elle descend verticalement le long de la colonne vertébrale, fournissant sur son trajet toutes les artères du  
245 corps, et finit par se bifurquer pour former les artères des jambes.

Toutes les artères se divisent à l'infini, comme les artères pulmonaires, et, à mesure qu'elles se divisent, elles diminuent de calibre ; finalement des *capillaires* unissent les  
250 dernières ramifications des artères à celles des veines de la grande circulation.

L'intérieur des veines est garni de *valvules* ou replis membraneux en forme de poches, qui se remplissent de sang, obstruent alors la cavité de la veine, empêchent le  
255 retour du sang en arrière et ne lui permettent de cheminer que dans la direction du cœur.

### LES MAMMIFÈRES.

Les trois sous-classes de Mammifères.—La classe des mammifères se divise en trois sous-classes dans lesquelles les rapports avec la mère sont de moins en moins étroits,  
260 savoir :

1° Les *Mammifères placentaires* ;

2° Les *Marsupiaux* ;

3° Les *Monotrèmes*.

Chez les *mammifères placentaires*, des dispositions spéciales assurent l'alimentation du jeune pendant le temps  
265 qu'il passe dans le corps de la mère. Le jeune naît tardivement et à un état avancé de développement.

Chez les *marsupiaux*, le jeune, avant sa naissance, n'em-

prunte à la mère aucun aliment. Il naît avec une taille **Zo.** très réduite, des membres à peine développés, et la mère **270** l'enferme alors dans une poche qu'elle a sous le ventre, le *marsupium* où sont contenues ses mamelles.

Enfin les *monotrèmes* pondent des œufs, comme les reptiles auxquels ils ressemblent par d'autres traits importants de leur organisation. **275**

**Distribution géographique des trois sous-classes de Mammifères.**—Tous les mammifères de nos pays, tous ceux de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique du Nord sont des mammifères placentaires. L'Amérique du Sud et le Mexique nourrissent quelques marsupiaux tels que les *sari-* **280** *gues*. Les marsupiaux et les monotrèmes étaient à peu près les seuls mammifères de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande au moment de la découverte de ces îles.

A une époque très antérieure à l'apparition de l'homme, les marsupiaux étaient aussi fort répandus dans l'ancien **285** monde. Il semble donc que l'Australie et la Nouvelle-Zélande se soient isolées du reste des terres, dès cette époque. Elles ont sans doute alors formé, avec la Nouvelle-Guinée, où l'on retrouve des monotrèmes, un continent sur lequel non seulement les mammifères, mais aussi les hommes sont **290** demeurés arriérés.

**Les Lémuriens ou Mammifères grimpeurs de Madagascar.**—Deux ordres de mammifères placentaires caractérisent de même respectivement deux régions de la terre :

- 1° La grande île de Madagascar ; **295**
- 2° L'Afrique et l'Amérique australes.

Ce sont les *lémuriens* et les *édentés*.

Les lémuriens sont des mammifères grimpeurs dont les quatre membres se terminent par des mains rappelant celles des singes, mais qui diffèrent des singes par des traits **300**

20. importants d'organisation. Ces mammifères sont d'une grande ancienneté; ils étaient autrefois répandus dans tout l'ancien monde; on en trouve encore quelques genres dans l'Inde, les îles de la Sonde, les Philippines et l'Afrique australe; mais ils sont si nombreux et si variés à Madagascar qu'ils y remplacent pour ainsi dire tous les petits mammifères des autres régions. Ils vivent effectivement sur les arbres où les uns chassent, tandis que les autres se contentent d'un régime végétal. Tous sont nocturnes et leurs allures silencieuses leur ont valu ce nom de lémuriens, de *lemur*, qui veut dire spectre en latin. Parmi eux les *makis* semblent tenir à la fois du chien et des singes, tandis que les *aye-aye* ressemblent à de gros écureuils, et en ont même la dentition. Madagascar semble s'être séparée d'un continent austral à une époque où les principaux mammifères de ce continent étaient des lémuriens.

**Les Mammifères à parachute.**—Dans tous les groupes de mammifères qui vivent sur les arbres et sautent de branche en branche, la peau des flancs forme, chez quelques espèces, entre les quatre pattes un repli qui s'étale en parachute quand l'animal étend ses pattes pour sauter; le saut peut être ainsi prolongé, et ses conséquences fâcheuses amoindries si le but est manqué.

Quelques marsupiaux, les pétauristes, présentent cette disposition; elle est remarquablement développée chez un lémurien des îles de la Sonde et des Philippines, le *galéopithèque*. On la retrouve chez un véritable écureuil, le *potatouche* de la Sibérie et de l'Amérique du Nord. Ce sont encore là des adaptations identiques qui se répètent chez des animaux d'ailleurs très différents, lorsqu'ils mènent le même genre de vie. L'aile des chauves-souris n'est qu'une exagération de cette disposition.

## LA CLASSE DES INSECTES.

**Caractères généraux des Insectes.—Régions du corps; zo. membres.**—Nous avons déjà vu les animaux articulés se partager, comme les vertébrés, la terre et l'eau. Parmi 335 les vertébrés terrestres, les uns sont demeurés attachés au sol lequel ils marchent ou rampent; d'autres, les oiseaux, ont acquis la faculté de voler. Il en est encore de même pour les articulés: les arachnides et les myriapodes demeurent terrestres dans toute l'acception du mot; les 340 insectes, au contraire, deviennent aériens, mais les procédés mis en œuvre pour rendre l'articulé apte au vol sont tout autres que ceux au moyen desquels l'oiseau procède des vertébrés terrestres.

Les ailes de l'oiseau ne sont que ses pattes antérieures, 345 affectées d'une modification spéciale; les ailes de l'insecte semblent des membres nouveaux, qui apparaissent sur la face dorsale des anneaux portant les pattes ordinaires.

Tous les insectes adultes, sans exception, présentent: 1° une *tête*, dont les segments sont absolument confondus 350 et qui porte des yeux, une paire d'antennes et des appendices buccaux; 2° un *thorax*, formé de trois anneaux portant chacun une paire de pattes; 3° un *abdomen*, comprenant au plus neuf anneaux.

Les pattes se divisent toujours en quatre parties: la 355 *hanche*, la *cuisse*, la *jambe* et le *tarse*. Ce dernier, ordinairement terminé par des crochets, est lui-même divisé en articles, dont le nombre ne dépasse pas cinq.

Chez presque tous les insectes, le deuxième et le troisième anneaux du thorax portent des *ailes*, lames membraneuses, 360 sèches, soutenues par des nervures et capables d'exécuter des centaines de battements par seconde.

zo. **Organes internes.**—Une semblable activité nécessite, comme chez les oiseaux, une respiration des plus énergiques. Le système de trachées de l'insecte est, en conséquence, extraordinairement développé. Chacun des anneaux de l'abdomen présente, en général, une paire d'orifices en forme de boutonnière, nommés *stigmates*, par lesquels l'air peut s'introduire dans les trachées. De chacun de ces orifices part une grosse trachée qui se ramifie, comme un arbre, dans l'épaisseur de tous les tissus contenus dans l'anneau; en outre, des conduits longitudinaux mettent en communication les arbres respiratoires de chacun des anneaux. Les trachées présentent souvent sur leur trajet de grandes poches remplies d'air ou de nombreuses vésicules, qui allègent l'animal, et sont en outre des réservoirs de gaz respirable.

L'intérieur du corps de l'insecte est ainsi complètement imprégné d'air; le sang a partout de l'oxygène à sa portée; aussi l'appareil circulatoire est-il réduit à un tube longitudinal, occupant le côté dorsal de l'animal et dans lequel le sang pénètre par des orifices latéraux, en forme de boutonnières. Ce *vaisseau dorsal*, fermé en arrière, est contractile. A chaque contraction, il chasse en avant le sang dont il est rempli; ce dernier s'engage dans une sorte d'aorte rudimentaire, et s'échappe par jets dans la cavité même du corps. Ces jets successifs entretiennent dans le sang, qui baigne directement les viscères, une agitation suffisante pour renouveler autour d'eux le liquide nourricier.

Le tube digestif des insectes comprend, en général: un *œsophage*; un *jabot*, pouvant jouer, chez les insectes suceurs, le rôle d'organe d'aspiration; un *gésier*, armé de pièces cornées, dans lequel se complète, chez les insectes broyeur, la trituration des aliments; un *estomac glandu-*

laire, souvent divisé en plusieurs régions ; enfin, un *intestin* Zo. et un *rectum*.

Il existe toujours des *glandes salivaires*. En arrière de l'estomac, à la naissance de l'intestin, se trouvent des tubes glandulaires, en nombre variable, les *tubes de Malpighi* ; ce 400 sont les organes urinaires. Dans le rectum, souvent dilaté en cloaque, ou tout auprès, viennent également s'ouvrir les canaux excréteurs de glandes variées, produisant tantôt des liquides odorants, explosifs même chez les *brachines*, que l'animal lance contre ses ennemis, pour les intimider ; 405 tantôt des liquides venimeux qui viennent empoisonner un aiguillon tel que celui des abeilles, des guêpes, etc.

Le système nerveux comprend une paire de ganglions cérébroïdes, un collier œsophagien et une double chaîne nerveuse présentant autant de paires de ganglions, soudés 410 entre eux dans chaque paire, qu'il existe d'anneaux. Ce système nerveux, qui rappelle celui des vers annelés, se retrouve avec quelques modifications de détail chez tous les animaux articulés.

## VERS.

**Caractères généraux.**—Les *vers* sont des animaux 415 annelés, c'est-à-dire composés de segments ou anneaux distincts et consécutifs. Ces anneaux, qui ont une structure intérieure uniforme, peuvent être considérés comme formant une colonie disposée longitudinalement, dont les deux anneaux extrêmes seuls sont différenciés, le premier 420 pour former la bouche et le dernier l'anus. Il résulte, de cette vie spéciale à chaque anneau, qu'on peut couper en deux un ver de terre sans le tuer, les parties tranchées se modifiant seules : l'une pour former une nouvelle bouche, l'autre un nouvel anus.

Leur tube digestif s'étend d'une extrémité à l'autre du

20. corps. Chez la sangsue, il est divisé en plusieurs renflements, séparés par des étranglements. L'appareil circulatoire est clos, c'est-à-dire que le sang circule dans un système vasculaire fermé, composé de deux vaisseaux principaux contractiles, faisant fonction de cœur, l'un dorsal et l'autre ventral, reliés, dans chaque anneau, par des anses latérales, dont l'ensemble entoure le tube digestif. Le sang est généralement rouge.

435 La respiration est *branchiale* chez les vers marins, *cutanée* chez les autres espèces, telles que le ver de terre et la sangsue.

Le système nerveux est très distinct, sauf dans les espèces parasites. Il est composé de deux ganglions, plus volumineux que les autres, dits *cérébroïdes*, situés dans l'anneau antérieur, puis d'une chaîne ganglionnaire comprenant deux ganglions juxtaposés et plus ou moins confondus pour chaque segment de l'animal, et reliés entre eux par des filets nerveux. Les ganglions cérébroïdes, situés au-dessus de l'œsophage, sont rattachés aux ganglions du second segment, situés au-dessous de l'œsophage, par deux filets nerveux, un de chaque côté, formant un *collier œsophagien*.

Les vers n'ont pas de membres articulés, ce qui les sépare nettement des articulés ou arthropodes. Quelques espèces ont des soies locomotrices. Ils sont ovipares.

Enfin chaque anneau est muni d'un organe d'excrétion, analogue aux reins, composé, de chaque côté, d'une sorte d'entonnoir à bord cilié, s'ouvrant au dehors par un canal excréteur.

On divise les vers en deux groupes principaux : les **Annélides**, à système nerveux ganglionnaire abdominal et thoracique, qui vivent librement ; — les **Helminthes**, vers parasites à organisation rudimentaire.

L'organisation des helminthes se trouve réduite à l'état zo. tout à fait rudimentaire par le parasitisme. A part deux 461 ganglions cérébroïdes, d'où partent deux filets nerveux s'étendant longitudinalement dans tout le corps de l'animal, on ne distingue aucun appareil spécial pour la circulation, la respiration et la digestion. Chaque anneau, vivant 465 pour ainsi dire séparément, se remplit d'œufs, se détache et est expulsé au dehors par l'animal atteint de ténia. Ces vers présentent des migrations et des métamorphoses très intéressantes, que nous exposerons à propos de l'hygiène. 470

## LES INVERTÉBRÉS.

I. Les protozoaires sont des êtres unicellulaires, microscopiques, sans organisation intérieure bien distincte. On les divise en *protozoaires sans enveloppe* et en *protozoaires avec enveloppe*.

Les protozoaires sans enveloppe membraneuse ou rhizo- 475 podes, avec ou sans coquille calcaire ou siliceuse, projettent et retirent incessamment des expansions filamenteuses (*amibes, foraminifères, radiolaires*).

Les protozoaires avec enveloppe ou infusoires comprennent : 1° les *infusoires ciliés*, dont la membrane d'en- 480 veloppe est couverte de cils vibratiles et locomoteurs (*vorticelles* et *paramécies*) ; 2° les *infusoires flagellés*, dépourvus de cils, mais présentant un ou plusieurs prolongements filiformes, appelés *flagellum*, et servant d'organes de locomotion (*noctiluques*). 485

II. Les spongiaires sont des animalcules faits d'un petit amas de protoplasma en forme d'urne, dont la grande ouverture s'appelle *oscule* et présentant à sa surface des pores très nombreux. L'eau de mer, pénétrant par ces



20. pores, circule dans de fins canalicules garnis de collerettes  
491 de cils vibratiles, gagne la cavité de l'urne et sort par  
l'oscul. Les urnes sont soutenues par des aiguilles ou  
*spicules* calcaires ou siliceuses que sécrètent ces variétés  
d'éponges, et par des *fibres cornées*, pour les éponges  
495 domestiques.

III. Les coelentérés, à symétrie rayonnée et dont le  
tégument renferme des cellules urticantes, sont essentielle-  
ment caractérisés par leur canal digestif, n'ayant qu'une  
seule ouverture, sans paroi distincte, et creusé, en forme  
500 de cul-de-sac, dans la substance même du corps de l'animal.  
Ils comprennent deux classes : les *coelentérés fixés* ou *poly-  
pes* (hydres d'eau douce, corail) ; les *coelentérés libres*  
(méduses et siphonophores).

Les coelentérés se reproduisent par des œufs ou par  
505 bourgeonnement, pouvant alors former des colonies. Ils  
présentent le plus souvent le phénomène de la génération  
alternante : les polypes reproduisent des méduses, et les  
méduses, des polypes.

IV. Les échinodermes, à symétrie rayonnée, pourvus  
510 d'un canal digestif à paroi propre et à deux ouvertures,  
présentant un système nerveux rayonné, sont des animaux  
marins, dont la peau, généralement dure et calcaire, est  
munie de pointes ou d'épines articulées et mobiles. Ils  
forment trois classes principales : les *holoturies*, les *astéries*  
515 et les *oursins*, qui se meuvent au moyen d'ambulacres.

V. Les vers, à symétrie bilatérale, ont le corps mou,  
formé d'une série d'anneaux juxtaposés longitudinalement  
et dépourvus de membres articulés. La respiration est  
branchiale ou cutanée. Le sang circule dans un système  
520 de vaisseaux contractiles, l'un dorsal et l'autre ventral,  
reliés, dans chaque anneau, par deux anses vasculaires

entourant l'intestin et formant un appareil circulatoire **zo.** clos. Le système nerveux, très distinct, est formé d'une chaîne ganglionnaire ventrale, située au-dessous du tube digestif et réunie par un collier œsophagien simple à deux 525 ganglions cérébroïdes plus gros, placés dans la tête, au-dessus de l'œsophage.

On divise les vers en *annélides* ou vers libres et en *helminthes* ou vers parasites, le plus souvent intestinaux, dont l'organisation devient rudimentaire et dégradée par 530 le fait du parasitisme.

VI. Les articulés ou arthropodes ont le tégument assez rigide pour former un squelette extérieur. Leur corps est composé d'anneaux emboîtés superficiellement les uns dans les autres, mais dont les divisions ne pénètrent pas dans 535 l'intérieur du corps, comme chez les vers. Les pattes sont composées de pièces articulées et différenciées, suivant leur usage, pour la préhension et la locomotion. Le système circulatoire est lacunaire, et un vaisseau dorsal segmenté fait fonction de cœur. Le système nerveux est analogue 540 à celui des vers. La respiration est trachéenne ou branchiale.

On divise les articulés en quatre classes : les *crustacés*, aquatiques ; les *myriapodes*, aux pattes très nombreuses ; les *arachnides*, ayant quatre paires de pattes ; les insectes, 545 n'ayant que trois paires de pattes, et dont les espèces les plus nombreuses sont ailées.

VII. Les mollusques sont des animaux au corps mou, ne présentant ni os, ni anneaux. Leur peau est flexible ou contractile, nue ou recouverte d'une coquille à une ou deux 550 valves. Le système circulatoire est lacunaire, et le cœur, composé d'un seul ventricule, est placé sur le trajet du sang artériel, généralement incolore. La respiration est

zo. branchiale chez les espèces aquatiques, pulmonaire chez les  
555 espèces terrestres.

Le système nerveux comporte trois paires de ganglions :  
deux ganglions cérébroïdes très développés, reliés aux gan-  
glions pédieux et abdominaux par un double collier oeso-  
phagien. Les organes des sens sont bien développés, sauf  
560 chez les lamellibranches.

On les divise en trois classes principales : les *lamelli-*  
*branches*, à coquille bivalve, ainsi nommés à cause de leurs  
branchies disposées en lamelles finement striées, et dont la  
tête est peu distincte (huîtres, moules) ; les *gastéropodes*,  
565 à coquille univalve ou sans coquille, ainsi nommés parce  
qu'ils rampent en se servant, pour progresser, de la plaque  
en forme de *pied* placée au-dessous du thorax ; les *cépha-*  
*lopes*, ayant la bouche entourée de huit ou dix tentacules  
garnis de ventouses. Le développement supérieur des  
570 ganglions cérébroïdes, condensés en un cerveau rudimen-  
taire enfermé dans une sorte de crâne cartilagineux, et  
celui des organes des sens, chez ces derniers mollusques, les  
rapprochent des vertébrés.

## GÉOLOGIE.

### LA NEIGE ET LES GLACIERS.

**Marche des glaciers.**—La glace des glaciers semble com- 6é.  
plètement immobile, et l'on a cru longtemps qu'elle l'était  
en réalité. Il n'en est rien cependant : si l'on plante des  
jalons sur une ligne droite transversale par rapport au  
glacier, les uns sur les bords, les autres sur la glace, le 5  
déplacement des derniers rend bientôt manifeste le déplace-  
ment de la glace et permet de le mesurer : il est plus grand  
au milieu des glaciers, et la vitesse varie, suivant la pente,  
de 0<sup>m</sup>,05 à 1<sup>m</sup>,25 par jour. *Le glacier est donc comparable*  
*à un fleuve* très lent : par lui la neige des cirques descend 10  
sous forme de glace jusque dans la vallée et, fondant peu  
à peu sur le trajet, devient de l'eau courante. La phy-  
sique permet d'expliquer facilement ce mouvement : la  
glace comprimée par la glace et la neige située au-dessus  
fond contre les obstacles ; l'eau de fusion contourne l'ob- 15  
stacle et, n'étant plus soumise à la pression, règle : tout se  
passe comme si la glace était plastique.

**Moraines.**—Sur les bords de la glace les blocs qui  
s'éboulent des pentes forment tout le long du glacier des  
amas qu'on appelle des *moraines latérales* ; ces blocs, 20  
encastrés dans la glace, suivent son mouvement et des-

16. cendent avec elle. Quand deux glaciers confluent, deux des moraines se rejoignent au confluent, et l'amas formé par leur réunion, transporté par la glace, forme au milieu  
25 du glacier résultant une *moraine médiane* : il y a ainsi autant de moraines médianes que de confluent. Au front du glacier tous les blocs s'accumulent, formant la *moraine frontale*. Enfin sous la glace, au fond du glacier, les blocs arrachés aux parois et ceux qui sont tombés par  
30 les crevasses forment une *moraine de fond*. Frottant les uns contre les autres et contre les roches fixes des bords, ces blocs sont marqués d'un grand nombre de *stries* et de *cannelures* rectilignes caractéristiques des matériaux transportés par les glaciers.

35 **Autres formes des glaciers.**—Les amas de glace produits par l'agglomération des névés ne s'engagent pas toujours dans des vallées ; ils forment souvent des nappes recouvrant la paroi des montagnes ; c'est le cas des glaciers pyrénéens ; on les appelle *glaciers suspendus*.—Les *glaciers polaires* sont  
40 des nappes de glace recouvrant des régions entières.

**Variations des glaciers.**—Le front des glaciers, qui paraît fixe tout d'abord, ne l'est pas non plus en réalité, et dans certains cas son déplacement est assez rapide : à de certaines périodes, le front d'un des glaciers du mont  
45 Blanc, le glacier des Bossons, s'est avancé d'un mètre par jour ; les glaciers des Alpes françaises ont avancé de 1811 à 1853, reculé de 1853 à 1881, avancé de 1881 à 1893, pour reculer ensuite. Un autre glacier du mont Blanc, la Mer de glace, a ainsi perdu 1,200 mètres environ de 1826 à  
50 1878. Ces variations dépendent : 1° de l'abondance ou de la rareté des chutes de neige dans les cirques ; 2° de la température qui fait fondre la glace plus ou moins vite.

## TEMPÉRATURE DU SOL.

**Mesure de la température profonde.**—La sortie de G<sup>6</sup>. magmas à haute température par les bouches volcaniques prouve que dans les profondeurs du sol existe une température élevée. On a, par des sondages qui ont atteint jusqu'à 2,000 m., mesuré cette température à différents niveaux.

Il est d'observation vulgaire qu'à quelques mètres de profondeur dans le sol, dans les caves par exemple, la température est sensiblement constante. Les sondages montrent qu'elle croît d'environ 1° par 30 mètres de profondeur loin des régions volcaniques, mais qu'elle croît bien plus rapidement dans les régions volcaniques (1° pour 10 mètres dans certains cas). 65

**Sources thermales d'origine externe.**—Il résulte de là que toutes les sources thermales ne sont pas dues à des fumerolles volcaniques : il suffit que l'eau s'infiltré à 2,000 mètres de profondeur pour que sa température soit voisine de 70° ; si elle rejoint alors la surface assez rapidement pour ne pas se refroidir notablement, elle formera une source thermale d'origine externe. Il n'est pas d'ailleurs facile de savoir pour bien des sources thermales si elles sont d'origine interne ou externe.

## CLASSIFICATION DES ROCHES SÉDIMENTAIRES.

**I. Roches calcaires.**—Si l'on jette un morceau de pierre 75 à bâtir des environs de Paris dans un acide fort, tel que l'acide chlorhydrique (esprit de sel du commerce), il se produit une vive effervescence, c'est-à-dire un bouillonnement dû à un gaz qui se dégage ; on peut facilement recueillir ce gaz et vérifier que c'est de l'acide carbonique. Quand 80

66. le dégagement cesse, la roche s'est à peu près entièrement dissoute dans l'acide.—D'autre part, en chauffant une telle pierre on en fait de la *chaux vive*; l'acide carbonique se dégage de la pierre, cette fois sous l'action de la chaleur  
85 Les roches ainsi formées d'acide carbonique et de chaux combinés, ou, comme on dit en chimie, de *carbonate de chaux*, s'appellent en géologie les *roches calcaires*. On les reconnaît pratiquement à ce qu'elles *se dissolvent avec effervescence dans les acides*.

90 La craie, la pierre lithographique, le marbre, sont aussi des *roches calcaires*.

Un très grand nombre de roches calcaires sont formées surtout par les coquilles de fossiles agglomérés, tantôt visibles à l'œil nu comme dans la pierre à bâtir précédente,  
95 tantôt microscopiques comme dans la craie. Beaucoup d'animaux invertébrés sécrètent, en effet, des coquilles calcaires. Quant au ciment calcaire qui réunit ces fossiles entre eux, et qui forme presque exclusivement les roches calcaires pauvres en fossiles, il provient lui-même de  
100 coquilles dont le calcaire a été dissous dans l'eau et reprécipité. On peut donc dire que *les calcaires sont toujours directement ou indirectement d'origine animale*.

II. **Roches combustibles.**—La *houille* et l'*anthracite* sont des roches combustibles, grâce à la quantité de charbon  
105 pur ou, comme on dit en chimie, de carbone qu'elles contiennent (plus de 90 p. 100 pour l'anthracite, de 90 à 75 p. 100 pour la houille); les cendres que laisse leur combustion sont dues aux parties autres que le carbone et non combustibles. Elles sont toujours par couches horizon-  
110 tales, ou plissées, ou, comme on l'a vu déjà, fracturées, et séparées par des lits d'argile ou de grès. Ces argiles et ces grès contiennent souvent des coquillages, des poissons

## VOLCANS.

et des végétaux fossiles : la houille même est une agglomération de végétaux décomposés au fond de l'eau.

Il en est de même des *lignites*, qui sont moins riches en carbone (de 75 à 55 p. 100) et généralement terreuses ou fibreuses et bitumineuses ; le jais en est une variété très brillante, à cassures courbes.—La *tourbe* est moins riche en carbone encore ; elle se forme encore aujourd'hui par décomposition des Mousses et des herbes aquatiques au fond de l'eau.

*Les roches combustibles ont donc une origine végétale.*

## VOLCANS.

**L'activité des volcans est intermittente.**—Les volcans ne présentent pas toujours la même activité ; pendant des années il ne sort de leur cheminée que des matières gazeuses, en quantité quelquefois très faible ; il peut même se faire qu'il n'en sorte plus rien ; la cheminée se comble alors peu à peu par suite de l'éboulement des bords du cratère : le volcan est *éteint*.

Cet état d'inactivité peut devenir définitif, mais le plus souvent le volcan n'est que momentanément inactif, et il se produit au bout d'un certain temps une nouvelle *éruption*, qui pourra, comme celle qui l'a précédée, se terminer aussi par l'extinction momentanée du volcan, et ainsi de suite.

Il y a donc dans l'activité volcanique une intermittence de périodes de repos et de périodes d'éruption.

Il est vrai que quelques volcans, comme le Stromboli, situé dans une des îles Lipari, sont en éruption constante ; à peine distingue-t-on une légère différence dans l'intensité des phénomènes ; mais les volcans présentant ce caractère sont extrêmement rares.



64. **Phases d'activité modérée. Fumerolles.**—Beaucoup de volcans, sans passer à l'état de volcans éteints, ne présentent pendant de longues années que des phénomènes éruptifs plus ou moins faibles : leur cratère reste chaud ;  
 145 leur cheminée n'est pas entièrement fermée, elle est ordinairement remplacée par un certain nombre d'ouvertures plus petites nommées *fumerolles*, d'où sortent en sifflant des jets de vapeurs et de matières gazeuses. Ces ma-  
 150 tières, en se décomposant à l'air, forment des dépôts qui recouvrent les parois du cratère et lui donnent des couleurs très vives. Dans ces périodes de repos relatif, quand la fumée est assez transparente et quand les gaz non respirables, acides sulfhydrique, sulfureux, etc., ne se dégagent  
 155 pas en trop grande quantité, il est quelquefois possible de descendre jusqu'au fond du cratère d'un volcan.

**Solfatares.**—Durant cette période de faible activité, il se dépose très souvent du soufre sur les parois du cratère d'un volcan. Ce soufre est souvent en quantité assez con-  
 160 sidérable pour qu'on puisse l'exploiter, quand il est possible d'entrer dans le cratère. Le volcan passe alors à l'état de *solfatare* ; il peut persister dans cet état pendant des siècles, comme par exemple cela a lieu pour la solfatare de Pouzzoles, qui n'a eu depuis les temps historiques qu'une  
 165 seule éruption, au douzième siècle.

Les solfatares sont aussi exploitées pour beaucoup d'autres produits chimiques, par exemple pour l'alun et l'acide borique.

#### TERRE VÉGÉTALE.

**Composition de la terre végétale.**—La terre végétale  
 170 doit nécessairement renfermer certains éléments pour être apte à entretenir la végétation.

Ces éléments essentiels sont : du sable, de l'argile, du g<sup>é</sup>. calcaire et du terreau ou humus.

Les proportions de ces éléments varient beaucoup ; c'est ce qui fait que, sous un même climat, le sol ne peut pas 175 être partout cultivé de la même manière, certaines proportions de ces éléments convenant mieux pour certains végétaux que pour d'autres.

*Utilité du sable.*—Le sable n'est pas un aliment pour les végétaux ; mais, grâce à l'irrégularité de la surface de ses 180 grains, il forme dans le sol une foule de petites cavités qui laissent pénétrer l'eau et l'air nécessaires aux racines des végétaux.

L'eau, s'infiltrant dans toutes ces petites cavités, ne séjourne pas à la surface du sol, comme cela a lieu dans 185 les terrains argileux, qui sont presque imperméables et forment des marais.

*Utilité de l'argile.*—L'argile n'est pas non plus un aliment pour les végétaux ; mais sa grande utilité provient de la propriété qu'elle possède d'absorber très facilement les 190 sels alcalins, qui constituent une partie indispensable des aliments des végétaux.

L'eau qui pénètre dans le sol tient toujours en dissolution des sels alcalins qu'elle a enlevés de la surface du sol ; ces sels seraient presque entièrement perdus pour la végé- 195 tation si l'argile ne les retenait pas au passage, pour les distribuer peu à peu aux végétaux.

*Utilité du calcaire.*—Le calcaire, mélangé à l'argile, rend cette argile beaucoup plus perméable.

Les sols qui ne renferment pas de calcaire sont boueux, 200 souvent marécageux, même quand ils renferment beaucoup de sable.

De plus, il y a des sels calcaires qui peuvent constituer un aliment pour les végétaux.

G6. *Utilité du terreau.*—Enfin le terreau, formé de débris  
206 végétaux et animaux, donne naissance, en se décomposant,  
à une foule de corps solubles dont se nourrissent les végé-  
taux.

L'*amendement* des terres a pour but d'introduire dans le  
210 sol les éléments qui lui manquent.

Les *engrais* réparent, conservent et augmentent la fécon-  
dité du sol.

Ce que devient la terre végétale.—Nous avons vu que  
la terre végétale se forme constamment. Si elle n'occupe  
215 pas à la surface de la Terre une épaisseur plus considérable,  
c'est qu'elle est constamment enlevée par les causes qui  
dénudent le sol; ses éléments se mêlent aux matériaux  
entraînés par les cours d'eau et vont au loin former de  
nouveaux terrains, calcaires, marnes, argiles ou sables : on  
220 ne peut plus alors reconnaître dans ces nouvelles formations  
les éléments qui proviennent de la décomposition de la terre  
végétale, ou ceux qui proviennent de la destruction des ter-  
rains préexistants.

Cette dissociation complète des éléments de la terre  
225 végétale et leur réintégration dans des formations nou-  
velles expliquent qu'on ne trouve jamais de traces de  
terre végétale dans les terrains qui ont précédé les forma-  
tions actuelles.

## L'ESPÈCE HUMAINE.

*Age de la pierre polie.*—La période de transition qui  
230 sépare l'âge du renne de la période historique est carac-  
térisée par de nouveaux perfectionnements de l'industrie  
humaine : l'homme a pensé tout d'abord à polir la pierre  
dont il faisait ses outils.

Les fortes baisses des lacs de Zurich et de Neuchâtel 66. mettent à découvert de nombreux pilotis, restes d'*habita- 235 tions lacustres*. On trouve aussi des *foyers* rudimentaires en pierre. L'association à ces débris d'outils de pierre polie montre que l'homme avait inventé des habitations terrestres ou lacustres très supérieures aux cavernes primitives. 240

C'est de cette époque également que datent les pierres levées ou *menhirs*, tels que ceux qui sont alignés par milliers à Carnac, ou les pierres levées couvertes de pierres plates horizontales appelées *dolmens*. Les dolmens contiennent des caveaux funéraires : le culte des morts avait 245 fait son apparition.

**Âges du bronze et du fer.**—Plus tard enfin apparaissent les outils de bronze, puis de fer ; cette apparition se fait dans nos pays environ dix siècles avant Jésus-Christ.—Dès l'âge du bronze et du fer, on passe donc insensiblement à 250 la période historique.

C'est naturellement depuis l'âge de la pierre polie, où l'homme était devenu sédentaire, qu'il est devenu de plus en plus agriculteur et éleveur. Divers animaux, transformés par la domesticité qu'il leur a imposée, ont 255 donné naissance à des races nouvelles, et souvent ces races domestiques diffèrent beaucoup de la souche sauvage originelle. C'est alors qu'il a commencé à prendre cette suprématie sur les autres êtres vivants qu'il était loin d'avoir au début, et qui est un des caractères de l'époque 260 actuelle.

Il va de soi d'ailleurs que les étapes précédentes de l'humanité en progrès ne se retrouvent pas sur toute la terre ; certains indigènes de l'Océanie en sont encore à l'âge des habitations lacustres et de la pierre polie. Même 265

66. dans nos régions, l'évolution de l'industrie ne s'est pas faite partout simultanément : la correspondance indiquée entre les divers âges de la pierre taillée, de la pierre polie, etc., et les âges que permet de distinguer la faune doit  
270 être considérée comme approximative et n'a qu'une valeur locale.

### TERRAINS PRIMAIRES.

**Principales roches des terrains primaires.**—Les roches les plus anciennes de l'époque primaire sont souvent des schistes ou grès.

- 275 Dans le Silurien, on rencontre des calcaires cristallins ou compacts ; quelquefois noirs et pétris de fossiles ; ou blancs, et dans ce cas entièrement dépourvus de fossiles. On y trouve des schistes, assez solides et se divisant en lames de manière à pouvoir former des *ardoises*.  
280 Dans le Dévonien, on voit aussi des schistes et des calcaires ; les calcaires sont souvent assez compacts pour constituer des marbres très recherchés. Une roche très particulière de ce terrain est la *grauwacke*, roche argileuse et siliceuse, assez dure pour rayer le verre, de coloration  
285 brune, renfermant de nombreuses espèces de fossiles, surtout des Spirifers.

Dans le Carbonifère, on observe des calcaires de couleur foncée formant souvent de beaux marbres, des grès, et surtout des couches de houille et de charbon de terre, beaucoup plus fréquentes et plus puissantes que dans les autres  
290 terrains.

Les roches des terrains primaires donnent ordinairement, à cause de leurs teintes sombres, un aspect particulier aux pays où ce terrain est à la surface.

- 295 Les dépôts de houille de cette époque proviennent de la

décomposition des végétaux, soit que cette décomposition **Gé.** ait eu lieu sur place, soit que ces végétaux aient été charriés et déposés au fond des lacs ou à l'embouchure des grands fleuves ; toutes les substances végétales se seraient décomposées et il ne serait resté que le charbon. C'est à peu près 300 ce qui se passe actuellement dans des lacs de l'Amérique du Nord, ou à l'embouchure de quelques grands fleuves, comme le Mississipi.

*Roches éruptives.*—Les couches du Silurien sont souvent soulevées par des éruptions de granit. Ce granit est 305 reconnaissable en ce que le mica qu'il contient est blanc : c'est ce qui le distingue des granits qui avaient fait éruption précédemment, et dont le mica était noir.

Les couches du Carbonifère sont fréquemment plissées ; souvent aussi elles sont soulevées par des éruptions de por- 310 phyre ; on voit même, dans bien des pays, ces couches de porphyre s'épancher au-dessus des couches houillères qu'elles ont traversées.

## CONTOURS DES TERRES ET DES MERS TERTIAIRES.

**Disparition de la mer Centrale.**—Dès le début du tertiaire supérieur, on constate l'émersion de la région 315 Himalayenne et de la presqu'île de Malacca ; les premiers plissements s'y faisaient donc sentir (on a vu plus haut que le plissement maximum a eu lieu à la fin du tertiaire supérieur). Dès lors l'Inde est soudée à l'Asie, et la mer centrale est fermée vers l'est ; entre elle et l'océan Indien, 320 une bande continentale comprenant l'Arabie et la mer Rouge, qui ne s'est effondrée que plus tard, soude l'Asie à l'Afrique.—*Cette fermeture de la mer centrale est le plus important des phénomènes qui séparent nettement le tertiaire inférieur du tertiaire supérieur.*

66. *La mer ainsi constituée diffère en beaucoup de points de la Méditerranée actuelle* : pour ne citer que les principaux, elle s'étend à l'Est jusqu'en Perse, elle couvre presque toute l'Italie, l'Apennin émergeant seul ; elle communi-  
 330 que avec l'Atlantique par la vallée du Guadalquivir, Gibraltar étant soudé à l'Afrique ; enfin et surtout elle envoie sur tout l'ouest et le nord de la chaîne Alpine qui se soulève la mer de la mollasse ; cette mer, étroite jusqu'à Vienne en Autriche, s'étale alors largement,  
 335 couvrant à la fois la plaine de Hongrie et le Nord des Carpathes, les Carpathes mêmes formant une île allongée, et se prolonge vers l'est sur l'emplacement de la mer Noire, du nord de la Caspienne, et jusqu'à la mer d'Aral.

340 *De plus, cette mer n'est pas la Méditerranée actuelle* ; dès le dépôt de la mollasse d'eau douce supérieure, le bras de mer du nord des Alpes est interrompu : elle est ainsi divisée en deux bassins dans lesquels se produisent des dépôts d'évaporation. *Dans le bassin nord*, ce sont des  
 345 molasses riches en gypse et en sel gemme, contenant une faune appauvrie par la sursaturation de l'eau ; c'est ainsi que se forment alors les célèbres dépôts de sel gemme de Wieliczka en Transylvanie, qui ont 180 mètres d'épaisseur. De tous côtés la mer s'assèche, et de ce bassin nord il ne  
 350 reste bientôt plus que trois dépressions : le nord de la mer Noire, le nord de la mer Caspienne et l'Aral ; le sud de la Caspienne ne s'est effondré qu'ensuite, après le soulèvement du Caucase ; le sud de la mer Noire et de la mer Egée ne se sont effondrés qu'au quaternaire.—*Dans le*  
 355 *bassin sud*, les nombreux dépôts d'eau douce, riches en Mammifères, montrent qu'il y a aussi émergence : *le plissement alpin a transformé toute la mer centrale en un continent parsemé de lagunes.*

**Réunion des deux Amériques.**—C'est à la même époque 66. qu'émerge l'Amérique centrale et qu'il existe un continent 360 américain unique. La mer centrale a donc disparu, sauf sa partie atlantique.

## LES CLIMATS SECONDAIRES.

**Indications sur les climats données par les végétaux.**— Parmi les plantes du trias et du jurassique sont les cycadées et les fougères arborescentes, plantes des régions 365 tropicales aujourd'hui. De plus, tous les arbres à ovules nus de cette époque sont à feuilles persistantes, ce qui indique l'absence de saisons froides. A partir du crétacé, au contraire, abondent dans les forêts les arbres à feuilles caduques, qui sont les plus abondantes parmi les plantes 370 à ovules enclos.—D'où il résulte que la température était beaucoup plus élevée au trias et au jurassique qu'au crétacé.

**Indications données par les polypes constructeurs.**—Les polypes constructeurs de l'époque secondaire, appartenant 375 aux mêmes groupes que les actuels, devaient vivre dans des conditions de température analogues. Or on a vu que dans l'Europe centrale les polypiers abondaient au trias, où ils ont construit les dolomies alpines; dès qu'au jurassique la mer a envahi nettement le bassin de Paris, les calcaires à polypiers et oolithiques des côtes de la Moselle, de 380 la Côte d'Or et de la Normandie se sont formés. Au jurassique supérieur se déposèrent ceux des côtes de la Meuse, dont les équivalents se retrouvent aussi dans l'Ouest du bassin de Paris et jusqu'en Angleterre; mais vers la fin 385 du jurassique, dans le bassin de Paris, il se déposa surtout des argiles marines: il n'y a plus de polypiers. On les



66. retrouve alors dans le Jura et les Alpes : ils ont donc  
reculé plus au sud. Ce recul progressif se suit dans le  
390 crétacé inférieur du Jura et du Dauphiné. Dès lors les  
polypiers n'existent plus que dans les Alpes, où nous les  
avons retrouvés au début du tertiaire.

On peut conclure encore de ces faits que la région  
tropicale a perdu constamment de l'extension pendant le  
395 secondaire.

Indications fournies par la répartition des faunes  
marines.—Enfin, au crétacé et au jurassique on distingue  
assez bien dans l'hémisphère nord trois faunes, dont l'une  
s'étend surtout sur la région méditerranéenne et alpine,  
400 la seconde au nord de la précédente, la troisième tout  
à fait vers le nord. Bien qu'il s'agisse surtout d'inverté-  
brés disparus pour la plupart et dont par suite nous ne  
connaissions pas les exigences climatiques, on peut en  
conclure que ces différentes faunes sont en rapport avec  
405 des climats différents, la première étant tropicale, la seconde  
tempérée, la troisième froide.

Or ces zones sont de moins en moins distinctes à mesure  
que les terrains sont plus anciens, et à peu près indis-  
tinctes *au trias*, où le climat devait être presque uniformé-  
410 ment chaud.

Résumé.—En résumé, au début de l'époque secondaire  
la zone tropicale devait couvrir à peu près toute la terre ;  
avec le jurassique et le crétacé elle s'est de plus en plus  
localisée vers l'équateur, laissant s'étendre autour des pôles  
415 des zones tempérées et froides : on a vu comment le phé-  
nomène a continué au tertiaire.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES. | B R

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

**L'évolution du sol.**—En résumé, la Terre a subi pendant ces les périodes géologiques des changements constants et tout à fait considérables. Nous savons très peu de chose sur ceux qui se sont produits au primaire inférieur, et ils ont dû être très importants. A partir du primaire moyen, nous trouvons une répartition des terres et des mers toute différente de l'actuelle dans ses grandes lignes, variable à chaque instant dans ses détails par suite des mouvements du sol. La formation de chaînes de montagnes successives dans les géosynclinaux primitifs, l'affaissement de certaines parties des mûles rigides, n'a amené que très lentement la répartition générale actuelle. La Terre a subi ainsi toute une série de transformations progressives, toute une *évolution* dont son état actuel est le résultat. 420 430

**L'évolution des climats.**—Le climat aussi a évolué: il a d'abord été uniformément tropical; peu à peu se sont différenciées les zones actuelles; le développement des glaciers à la suite des plissements hercyniens et alpins a produit un refroidissement temporaire considérable qui a modifié la régularité du phénomène. 435

**L'évolution des êtres vivants.**—Enfin les êtres vivants ont évolué. Si certaines formes exceptionnelles, telles que les Lingules et les Nautilites, ont traversé presque sans varier la plus grande partie des périodes géologiques que nous connaissons, c'est que leur évolution était déjà terminée à l'époque où nos connaissances géologiques commencent: elle s'était faite au primaire inférieur; la seule chose remarquable est que ces formes n'aient pas disparu, comme il arrive le plus souvent, par suite de la concurrence vitale des formes plus évoluées, et cela s'explique parce 440 445

66. que la concurrence vitale n'est pas partout aussi intense.  
Mais à côté de ces rares exemples de persistance remarquable, et bien que nos connaissances sur leur histoire soit  
450 encore pleine de lacunes, les variations connues des faunes  
sont si nombreuses, si grandes, si continues, qu'elles nous  
forcent à admettre le transformisme, si nous ne voulons  
pas renoncer à les comprendre.

# INDEX.

*The numbers refer to the sections of the book.*

## I.—GENERAL INDEX.

### ADJECTIVES—

agreement of ..... 3  
position of..... 176-7  
comparison of ... 211-14, 216  
numeral ..... 134-40, 229  
    cardinals ..... 134-7  
    ordinals ..... 138-40  
possessive ..... 86-8  
demonstrative ..... 91-3  
interrogative ..... 110-12  
indefinite..... 117-20  
irregular feminine of, 217-222  
irregular plural of ..... 207-9

### Adverbs—

comparison of ..... 215-6  
formation of..... 224-8  
Agreement of adjectives..... 3

### Article—

definite ..... 4-7, 166-70  
indefinite ..... 4-7, 171  
partitive ..... 4-7, 172-5  
repetition of ..... 7, 174  
Auxiliary verbs..... 77

### CAN, translated by *savoir* 85

Cardinal numbers ... 134-7  
Clauses, dependent ..... 178-94

### Comparison—

of adjectives ..... 211-4, 216  
of adverbs..... 215-6  
Compound substantives 163, 210

Conditional mood... 41-4, 193-4  
Conjunctions ..... 203-5  
    followed by the subjunctive ..... 189-92, 205  
    followed by the indicative ..... 205  
Conjunctive pronouns ..... 8-11

### DATE, method of expressing..... 140

Definite article ..... 4-7, 166-70

### Demonstrative—

adjective..... 91-3  
pronouns..... 94-100  
Dependent clauses ..... 178-94  
Dimension, how to express 141  
Disjunctive pronouns... 124-132

### ELISION ..... 5, 134 (note 4)

### FEMININE of adjectives

217-222  
Formation of adverbs..... 224-8  
Fractional numerals 134 (note 2)  
Future tense ..... 37-9  
Future-perfect tense ..... 37, 40

GENDER ..... 3  
    Substantives with two genders ..... 318

**IDIOMATIC** uses of certain verbs ..... 78-85  
 Imperative, position of pronouns governed by ..... 48  
 Imperfect tense ..... 29, 31-4  
 Impersonal verbs ..... 72-7, 202  
 Indefinite—  
   article ..... 4-7, 171  
   adjective ..... 117-20  
   pronoun ..... 117, 121-3  
 Indicative and subjunctive ..... 179-80  
 Infinitive mood—  
   pure ..... 195  
   with *&* ..... 195-6  
   with *de* ..... 195, 198  
   for a subordinate clause 197  
 Interrogation, method of expressing ..... 51-3  
 Interrogative—  
   adjective ..... 110-12  
   pronoun ..... 113-16  
   conjugation ..... 51-3, 238  
 Intransitive verbs ..... 60-3  
 Inversion ..... 36, 51-2, 164  
 Irregular verbs 18-49, 245-317

**NEGATION**, method of expressing ..... 16  
 Negative conjugation 54-5, 237  
 Negative-interrogative conjugation ..... 56, 239  
 Numerals ..... 134-40, 229

**OPTATIVE** form of subjunctive ..... 45  
 Ordinal numbers ... 138-40, 229

**PARTICIPLE**—  
   present ..... 199-200  
   past ..... 201-2  
 Partitive article ..... 172-5  
 Passive voice ..... 15, 57-9  
   conjugation of ..... 240  
 Past anterior tense ..... 30, 36  
 Past definite tense ..... 30, 33-4  
 Past indefinite tense ..... 25-8  
 Past participle—  
   as adjective ..... 201

Past participle—  
   of impersonal verbs ..... 202  
   of reflexive verbs ..... 277-9  
 Personal pronouns—  
   conjunctive ..... 8-11  
   position of ..... 19-21  
   disjunctive ..... 124-132  
 Pluperfect tense ..... 29, 35  
 Plural—  
   irregular formation of 206-9  
   of compound substantives 210  
 Position of adjectives ..... 176-7  
 Possessive—  
   adjectives ..... 86-8  
   pronouns ..... 89-90  
 Prepositions ..... 144-165  
   with geographical names 152  
 Present participle ..... 199-200  
   used as preposition ..... 162  
 Present tense ..... 22-4  
 Principal parts of a verb ... 231  
 Pronouns—  
   personal 8-11, 19-21, 124-132  
   possessive ..... 89-90  
   demonstrative ..... 94-100  
   interrogative ..... 113-6  
   relative ..... 101-9  
   indefinite ..... 117, 121-3  
   reflexive ..... 9, 133

**QUASI-IRREGULAR**  
 verbs of the first conjugation ..... 143

**REFLEXIVE** verbs ... 64-70  
   conjugation of ..... 241-4  
 Regular conjugations 18, 29-30, 37, 41, 46-7, 49, 51-9, 230-40  
 Relative pronouns ..... 101-9

**SUBJUNCTIVE**—  
   syntax of ..... 178-92  
   in principal sentences ... 45  
   in substantival sentences 182-5  
   in adjectival sentences ... 186  
   in adverbial sentences ..... 187-8, 192  
   conjunctions followed by ..... 189-91

## Substantives—

plural of..... 2, 206-10  
compound..... 210  
gender of ..... 1

## Superlative—

of adjectives ..... 214, 216  
of adverbs..... 215-6

## Symbols (mathematical):

how to read them aloud  
in French..... p. 156

## TENSES—

simple and compound 13-14  
use of..... 22-8, 31-6, 38-40

*Than*, translated by *que* or

*de* ..... 212

## Time of day, method of expressing ..... 141

## VERBS—

passive voice ..... 15  
intransitive, with *être* ... 60-1  
auxiliary ..... 77  
reflexive ..... 64-70  
impersonal ..... 72-7

## Verbs—

irregular ..... 18-49, 245-317  
idiomatic uses of certain

78-85

of modern formation 233  
(note 1)

regular conjugations 18, 29-30,  
37-41, 46-7, 49, 51-9, 230-40

negative conjugation 54-5, 237  
interrogative conjugation

51-3, 238

negative-interrogative  
conjugation ..... 56, 239

conjugation of passive  
voice ..... 240

conjugation of reflexive... 241

negative conjugation of  
reflexive ..... 242

interrogative conjugation  
of reflexive ..... 243

negative-interrogative  
conjugation of reflexive 244

*WITH*, translation of ... 146

## II.—FRENCH WORDS AND SUFFIXES.

**À**, 144-5, 163  
Absoudre, 293

Acquérir, 269

Alin *que*, 189, 205

-aine, added to numerals, 134 (note 6)

-al, plural of substantives in, 208

Aller—

as auxiliary, 80  
conjugation of, 250

Amalgamer, 260

Assoir, 280

-au, plural of substantives and adjectives in, 208

Aucun, 117

Autre, 117

Avant and devant,  
151

Avant *que*, 189 (iii),  
205

Avec, 146

Avoir—

use of as auxiliary,  
77

conjugation of, 281

**BATTE**, 316

Beau, 222

Bien, 216

Bien . . . *que*, 189  
(iv), 205

Billion, 134 (note 5)

Boire, 289

Bon, 216

Bouillir, 252

## CE—

demonstrative  
adjective, 91-3

demonstrative pro-  
noun, 97-9

Ceci, cela, 100

Celui, celle, 95

Celui-ci, celui-là, 96

Cent, 135

Ce qui, 108

-cer, verbs in, 143  
(5)

C'est, il est, 98-9

Chacun, 121

Chaque, 120

Chez, 147

Ciel, 209

Conclure, 291

Conduire, 301

Confire, 310

Connaitre, 282

Coudre, 296

Courir, 267

Couvrir, 262

Craindre, 298

Croire, 290

Croître, 284

Cueillir, 261

Cuire, 303

**DANS**, 148

De, 146, 149 ;

with infin., 150 ;

in compound

nouns, 163

De façon que, 205

De manière que, 205

De sorte que, 205

Demi, 134 (note 2)

Devant, 151

Devoir—

as auxiliary, 78-9

conjugation of, 271

Dire, 311

Dont, 106-7

Dormir, 253

**ÉCRIRE**, 305

-éer, verbs in,

143 (3)

-eler, verbs in, 143

(2)

En—

pronoun, 50

preposition, 152

En cas que, 191

Entendre, 84

Entre, 153

Envoyer, 251

Est-ce que . . . ? 53

-eter, verbs in, 143

(2)

Être—

use of as auxiliary,

77

conjugation of, 317

-eu, plural of sub-

stantives and ad-

jectives in, 208

**FAIRE**—

followed by in-

finitive, 83

used impersonally,

82

conjugation of, 313

Fait, past participle,

202

Falloir, 278

Faute de, 154

Fou, 222

Fuir, 263

**-GER**, verbs in, 143 (5)

**HÂIR**, 234 (note 2)

**IL** fait, 75

Il faut, 82

Il y a, 73-4

Instruire, 302

**JAMAIS**, 54

Joindre, 300

**LAISSER**, fol-

lowed by in-

finitive, 84

Le—

definite article, 4

conjunctive per-

sonal pronoun,

8, 11, 20-1

invariable neuter

pronoun, 8

(note)

Lequel—

relative, 103, 104,

107

interrogative, 113,

116

Leur—

possessive adject-

ive, 86

conjunctive per-

sonal pronoun,

8, 20

possessive pro-

noun, 89

Lire, 287

L'on *for* on, 123

(note)

Le long de, 155

L'un et l'autre, 117

L'un l'autre, 122

**MAL**, 216

Maudire, 312

Mauvais, 216

Médire, 311

Meilleur, 216

Même, 120 ; (incom-

pounds), 132

Mentir, 254

Mettre, 315

Mieux, 216

Mil, mille, 136-7

Moindre, 216

Moins, 216

Mou, 222

Moudre, 292

Mourir, 268

Mouvoir, 272

**NAÎTRE**, 285

Ne (untrans-

lated), 165

Ne . . . jamais, 54

Ne . . . pas, 54-5

Ne . . . personne, 54

Ne . . . point, 54

Ni l'un ni l'autre,

117

Non plus, 215

Non que, 190

Nouveau, 222  
Nuire, 304  
Nul, 117, 222

**ŒIL**, 209  
On, 59  
-ou, plural of substantives and adjectives in, 208  
Où (relative), 103

**PAR**, 156  
Paratre, 283  
Partir, 255  
Peindre, 299  
Personne, 54, 123  
Petit, 216  
Peu, 216  
Pire, 216  
Pis, 216  
Plaire, 286  
Pleuvoir, 273  
Plus, 211, 215  
ne . . . plus, 54  
Plusieurs, 117  
Pour, 157-8  
Pour que, 158 (b)  
Pourvu que, 191  
Pouvoir, 79, 275  
Prendre, 314

**QUAND** même, 193  
Que -  
pronoun, 102, 105, 113

Que—  
conjunction, 204, 213  
Quel, 110-12  
Quelconque, 120  
Quel que, 120, 187  
Quelque, 120  
Quelque . . . que, 187  
Quelque chose, 123  
Quelqu'un, 122  
Qui—  
interrogative, 113  
relative, 102, 104-5  
Qui est-ce qui, etc., 114-5  
Quoi, 113, 115  
Quoi que, 187  
Quoique, 189 (iv), 205

**RÉCEVOIR**, 270  
Résoudre, 294  
Rien, 123  
ne . . . rien, 54  
Rire, 308

**SANS QUE**, 190  
Savoir, 274;  
(with infinitive), 85  
Se (reciprocal), 67  
Se passer de, 71  
Se repentir, 256  
Sentir, 257  
Servir, 258  
Se servir de, 71

Si, *if*, 180, 188  
Si, *whether*, 194  
Soi, 133  
Sortir, 259  
Suffire, 309  
Suivre, 307  
Supposé que, 191  
Sur, 159-60

**TAIRE**, 288  
Tel, 117  
Tenir, 265  
Tiers, 134 (note 2)  
Tout, 117-9  
Traire, 306  
Trillion, 134 (note 5)

**UN**—  
indefinite article, 4-7  
pronoun, 122

**VAINCRE**, 297  
Valoir, 277  
Venir, 266  
Venir de, as auxiliary, 81  
Vêtir, 264  
Vieux, 222  
Vingt, 135  
Vivre, 295  
Voir, 84, 279  
Vouloir, 276

**Y**, pronoun, 50  
-yer, verbs in, 143 (4)



PRINTED AT THE HURLINGTON PRESS, FORTON, NEAR CAMBRIDGE, ENGLAND.





*A complete Catalogue of Text-Books published by the University Tutorial Press, and separate Sectional Catalogues in English Language and Literature, French, Mathematics, and Science, may be had on application to the Publisher.*

---

# SELECTED TEXT-BOOKS

IN

## FRENCH AND GERMAN

PUBLISHED BY THE

**University Tutorial Press Ltd.,**

25 HIGH ST., NEW OXFORD ST., W.C.

### **French Grammar.**

***The Tutorial French Accidence.*** By ERNEST WEEKLEY, M.A., Professor of French at University College, Nottingham. With Exercises, Passages for Translation into French, and a Chapter on Elementary Syntax. *Fourth Edition.* 5s. The EXERCISES (separately), 2s.

This work presents a clear and complete account of French inflexions and brings into prominence all points of fundamental importance.

***The Tutorial French Syntax.*** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A., and A. J. WYATT, M.A. With Exercises. *Second Edition.* 5s. The EXERCISES (separately), 1s. 6d.

Constructions common to French and English are not dwelt upon, but stress is laid rather upon those in which the languages differ.

***The Tutorial French Grammar.*** Containing the *Accidence* and *Syntax* in One Volume. (Without Exercises.) By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A., and A. J. WYATT, M.A. *Third Edition.* 6s. 6d.

***The Matriculation French Course.*** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. *Fourth Edition.* 5s.

This work includes accidence and elementary syntax, and provides exercises and continuous passages for translation into French such as are now set at Matriculation.

**University Tutorial Press Ltd., London, W.C.**

## French Courses.

***School French Grammar.*** Being the Grammatical part of the *Matriculation French Course* without the exercises. By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. 4s.

***New Junior French Course.*** By G. A. ROBERTS, M.A., Headmaster, Russell Hill School, Purley. 4s.

In this book the teaching is based on the extracts for reading. Grammar, exercises, *questionnaires*, and a vocabulary are included. The author combines the best features of the old and new methods of teaching French.

***Junior French Course.*** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. *Second Edition.* 3s. 6d.

An elementary course in grammar and translation into French.

***Direct French Course.*** By H. J. CHAYTOR, M.A., Fellow of St. Catharine's College, Cambridge, late Headmaster of Plymouth College. Illustrated. 2s. 6d. With Vocabulary, 3s.

This book is designed for use by pupils of 12 or 13 years of age who are commencing the study of French.

***Second Year Direct French Course.*** By G. A. ROBERTS, M.A., and H. J. CHAYTOR, M.A. 3s.

A more advanced course than the *Direct French Course*, and on the same plan.

***Preliminary French Course.*** By H. J. CHAYTOR, M.A., and H. E. TRUELOVE, B.A., late Modern Language Master at Plymouth College. *Second Edition.* 2s.

A beginner's course leading up to the *New Junior French Course*.

## German Course.

***Direct German Course.*** By H. J. CHAYTOR, M.A. 4s.

A first year's course for beginners of twelve and thirteen years of age based on the Direct Method.

University Tutorial Press Ltd., London, W.C.

## French Composition.

**French Prose Composition.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. *Third Edition, Enlarged.* With NOTES and VOCABULARY. 5s.

This book contains a *résumé* of the most important rules of syntax, accompanied by illustrative exercises, practical hints on the essential differences between English and French prose style, and a number of graduated continuous extracts for translation.

**Class Work in French Composition.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. 2s. 6d.

This book, which consists of ninety-eight passages graduated in order of difficulty, is essentially for class-work under the supervision of a teacher. Complete vocabularies in order of the text are provided.

**Groundwork of French Composition.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. 2s. 6d.

This is an introductory book containing the main rules of French syntax as they affect composition, general hints on the turning of English into French, and a number of extracts.

**Classified Passages for Translation into French.** By Dr. W. G. HARTOG, M.A., late Examiner in French at the University of London. 2s. 6d.

A collection of passages, classified according to subject-matter, suitable for Higher Civil Service and University Examinations.

**Matriculation French Essays.** By H. J. CHAYTOR, M.A., and Dr. W. G. HARTOG, M.A. *Second Edition.* 2s. 3d.

A carefully graduated course in Free Composition in French suitable for examinations of the standard of London Matriculation.

## French Readers.

**A Higher French Reader.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. *Third Edition, Enlarged, with an Appendix of Extracts from contemporary writers.* 5s.

This book consists of Selections in prose and verse, with Notes dealing with allusions and unusual words and expressions.

**Classified French Unseens.** By Dr. W. G. HARTOG, M.A., late Examiner in French at the University of London. 3s.

A collection of passages, classified according to subject-matter, for practice in translation at sight, suitable for candidates at Higher Civil Service and University Examinations.

---

University Tutorial Press Ltd., London, W.C.

## French Readers—continued.

**An Intermediate French Reader.** By L. J. GARDINER, M.A., late French Mistress, Perse High School for Girls, Cambridge. 4s.

A literary reader consisting of numerous extracts in prose and verse with notes and biographies of authors.

**Matriculation Modern French Reader.** By M. B. FINCH, M.A. 3s. 6d.

Contains prose extracts from present century authors and verse extracts from authors of the nineteenth and twentieth centuries, with notes and a complete vocabulary.

**Senior French Reader.** With Introduction, Notes, and Vocabulary. By R. F. JAMES, B.A. 4s.

This Reader consists of extracts in prose and verse long enough to be of sustained interest and representative of the best French writers of the last century. A short account is given of each writer and a complete alphabetical vocabulary is provided.

**Senior French Unseens.** By L. J. GARDINER, M.A. 1s. 9d.

The extracts are of the length and standard of difficulty usual in the Cambridge School Certificate Examination.

**New Junior French Reader.** By J. P. R. MARICHAL, L. ès L., late Lecturer in French, Queen's University, Ontario, and L. J. GARDINER, M.A. 3s.

The extracts, which are each complete in themselves, are arranged in order of difficulty. A *questionnaire* is appended to each extract and a vocabulary are provided.

**Unechose : Bertrand du Guesclin.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. 2s. 9d.

**Reckmann—Chatrian : Le Blocus, Ch. 1—13.** With Introduction, Notes, and passages for retranslation. Edited by R. F. JAMES, B.A. 2s. 3d.

**Souvestre.—Le Serf.** By Professor ERNEST WEEKLEY, M.A. With Vocabulary in order of the Text. 2s.

**Victor Hugo—Hernani.** By M. B. FINCH, M.A., and L. J. GARDINER, M.A. 4s.

University Tutorial Press Ltd., London, W.C.

